



TUGAS AKHIR - TF 141581

**REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN WAVELET
TRANSFORM UNTUK MENINGKATKAN
KINERJA BUOYWEATHER STATION TYPE II**

MUHAMAD IQBAL SYACHJAYA
NRP. 02311440000044

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT
Andi Rahmadiansah, ST, MT

PROGRAM STUDI S-1
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TF 141581

REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVE- LET TRANSFORM* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II*

Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP. 0231 14 40000 044

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT
Andi Rahmadiansah, ST, MT

PROGRAM STUDI S-1
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas teknologi industri
Institut teknologi sepuluh nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - TF 141581

***RECONSTRUCTION OF DATA ACQUISITION
SYSTEM WITH FILTER USING WAVELET
TRANSFORM TO IMPROVE THE PERFOR-
MANCE OF BUOYWEATHER STATION TYPE II***

Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP. 0231 14 40000 044

Supervisor :
Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT
Andi Rahmadiansah, ST, MT

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhamad Iqbal Syachjaya

NRP : 0231 14 40000 044

Departemen : Teknik Fisika FTI – ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVELET TRANSFORM* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II* adalah bebas dari plagiasi , Apabila pernyataan ini tidak terbukti benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian sura pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 27 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,

Muhamad Iqbal Syachjaya

TUGAS AKHIR

REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVELET* *TRANSFORM* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II*

Oleh:



Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP : 0231 14 40000 044

Surabaya, 27 Juli 2018

Menyetujui,

Pembimbing I

Menyetujui,

Pembimbing II



Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT
NIP. 19630907 198903 1 004



Andi Rahmadiansah, ST, MT
NIP. 19790517 200312 1 002

Mengetahui,

Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002






**REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA
DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVELET*
TRANSFORM UNTUK MENINGKATKAN
KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II***

Tugas akhir

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP. 0231 14 40000 044

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT .....(Pembimbing 1)
2. Andi Rahmadiansah, ST, MT .....(Pembimbing 2)
3. Dr. Suyanto, ST, MT .....(Ketua Penguji)
4. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT .....(Penguji 2)
5. Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D .....(Penguji 3)

Surabaya
27 Juli, 2018

**REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA
DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVELET
TRANSFORM* UNTUK MENINGKATKAN
KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II***

Nama : Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP : 02311440000044
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr.Ir. Syamsul Arifin , MT
Dosen Pembimbing 2 : Andi Rahmadiansah , MT

ABSTRAK

Abstrak – Stasiun cuaca berupa Buoyweather dibutuhkan untuk meningkatkan keakuratan informasi cuaca berupa suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, ketinggian gelombang, kompas dan arah angin. Setiap variabel akan melalui proses akuisisi data. Sebuah sistem tentunya memiliki beberapa kendala, salah satunya adalah *noise*. *Wavelet Transform* merupakan filter sinyal yang memiliki performansi sangat baik dalam menangani *noise*. Sistem akuisisi data pada penelitian sebelumnya terdiri dari 5 sensor yaitu sensor suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin tanpa memiliki *data shield* untuk menyimpan data di *buoy*. Pada penelitian ini telah dilakukan rekonstruksi sistem akuisisi data dengan filter menggunakan *wavelet transform* untuk meningkatkan kinerja buoyweather station type II. Rekonstruksi akuisisi data menambahkan 2 sensor diantaranya ketinggian gelombang dan kompas, dan juga menambahkan media penyimpanan data dan filter menggunakan algoritma *wavelet transform*. Berdasarkan Analisa data didapatkan bahwa hasil rekonstruksi sistem akuisisi data telah sesuai dengan standar dan mengalami peningkatan kinerja dibandingkan penelitian sebelumnya pada 6 variabel pengukuran diantaranya suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, kompas dan arah angin dan mengalami penurunan kinerja pada 1 variabel yaitu ketinggian gelombang. Penambahan filter menggunakan *wavelet transform* mampu menurunkan nilai RMSE pada sensor

suhu sebesar 0.60 °C, kelembaban sebesar 2.13 %Rh, tekanan udara sebesar 0.89 kPa, kecepatan angin sebesar 0.59 km/jam, ketinggian gelombang sebesar 0.36 cm, kompas sebesar 0.76°, arah angin sebesar 0.26° dan kenaikan SNR pada sensor suhu sebesar 32.80, kelembaban sebesar 32.15, tekanan udara sebesar 49.52, kecepatan angin sebesar 20.49, ketinggian gelombang sebesar 18.92, kompas sebesar 39.73, arah angin sebesar 31.68, Serta mengalami peningkatan kinerja dibandingkan penelitian sebelumnya dengan penurunan nilai %RMSE pada variabel suhu sebesar 39.472%, kelembaban sebesar 13.278%, tekanan udara sebesar 9.906%, kecepatan angin sebesar 55.716% dan arah angin sebesar 8.635% sedangkan untuk variabel ketinggian gelombang dan arah angin tidak terdapat data pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan uji dinamis di pantai kenjeran surabaya, data cuaca hasil rekonstruksi sistem akuisisi data menggunakan *wavelet transform* pada buoyweather station type II telah mampu mengukur kondisi cuaca yang sesungguhnya.

Kata Kunci : Akuisisi data, sensor, penyimpanan data, buoyweather , *wavelet Transform*

RECONSTRUCTION OF DATA ACQUISITION SYSTEM WITH FILTER USING WAVELET TRANSFORM TO IMPROVE THE PERFOR- MANCE OF BUOYWEATHER STATION TYPE II

Name : Muhamad Iqbal Syachjaya
NRP : 02311440000044
Departmen : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor 1 : Dr.Ir. Syamsul Arifin , MT
Supervisor 2 : Andi Rahmadiansah , MT

ABSTRACT

Abstract - Buoyweather weather station is needed to improve the accuracy of weather information such as temperature, humidity, air pressure, wind speed, wave height, compass and wind direction. Each variable will go through the data acquisition process. A system certainly has some constraints, one of which is noise. Wavelet Transform is a signal filter that has excellent performance in handling noise. In this research we have done reconstruction of data acquisition system with filter using wavelet transform to improve buoyweather station type II performance. The previous data acquisition system consists of 5 sensors namely temperature sensor, humidity, air pressure, wind speed, and wind direction without having a data shield to store data in the buoy. Reconstruction of data acquisition adds 2 sensors including wave height and compass, and also adds data storage media and filters using the wavelet transform algorithm. Based on data analysis, the result of reconstruction of data acquisition system has been in accordance with the standard and has improved performance compared to the previous research on 6 variables such as air temperature, air humidity, air pressure, wind speed, compass and wind direction and decreased performance in 1 variable wave height. Addition of filter using wavelet transform able to decrease RMSE value at temperature sensor equal to 0.60 °C, humidity equal to 2.13% Rh, air pressure equal to 0.89 kPa, wind speed 0.59 km / h, wave height of 0.36 cm, compass 0.76°, 0.26° and SNR increase in temperature sensor 32.80, humidity 32.15, air pressure 49.52, wind velocity

of 20.49, wave height of 18.92, compass 39.73, wind direction 31.68, and improved performance compared to previous research with impairment % RMSE at temperature variable equal to 39,472%, humidity equal to 13,278%, air pressure equal to 9,906%, wind speed 55,716% and wind direction equal to 8,635% while for wave height and wind direction variable no data in previous research. Based on the dynamic test on the beach kenjeran surabaya, weather data reconstructed data acquisition system using wavelet transform buoyweather station type II has been able to measure the actual weather conditions.

Keyword : Data acquisition, sensor, data storage, buoyweather, wavelet Transform

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **REKONSTRUKSI SISTEM AKUISISI DATA DENGAN *FILTER* MENGGUNAKAN *WAVELET TRANSFORM* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II***. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik fisika ITS, Bapak D.Syamsul Arifin, MT selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberi dukungan , bimbingan serta ilmu yang sangat bermanfaat selama ini
2. Bapak Dr.Ir. Syamsul Arifin , MT dan Bapak Andi Rahmadiansah, MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto , MT, Ph.D selaku kepala Laboratorium Rekayasa instrumentasi dan Bapak Andi Rahmadiansah, MT selaku kepala Laboratorium Komputasi yang telah memberikan saran dan prasaana guna menunjang pelaksanaan tugas Akhir ini
4. Bapak dan ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberika ilmu selama kuliah
5. Bapak dan Ibu, Adik tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis yang menjadikan motivasi terbesar penulis.
6. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Tim *Buoyweather*, Fathur, Denan, Restha, Rifki dan Fifi, Teman-teman seperjuangan TF 2014 yang

selalu memotivasi dan rela membantu dalam proses pengerjaan hingga akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhirini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran ang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuai yan glebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
<i>FINAL PROJECT</i>	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PERSETUJUAN	ix
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Pengukuran	5
2.2 Sistem Akuisisi Data	9
2.3 Sensor	10
2.4 <i>Mikrokontroller</i>	16
2.5 Sinyal	18
2.6 Sinyal Acak dan <i>noise</i>	19
2.7 Penyebab <i>Noise</i> pada Sistem pengukuran	19
2.8 White dan Coloured <i>Noise</i>	20
2.9 Signal <i>Filtering</i>	21
2.10 Root mean square error (RMSE)	21
2.11 Signal to <i>noise</i> ratio (SNR)	22
2.12 <i>Wavelet Transform</i>	22
2.13 Continous <i>Wavelet Transform</i> (CWT) dan Discrete <i>Wavelet Transform</i> (DWT)	23
2.14 <i>Wavelet Denoising</i>	27
2.15 <i>Buoyweather station type II</i>	29

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Tahapan Penelitian.....	31
3.2 Rekonstruksi Sistem Akuisisi Data.....	33
3.3 Perancangan Sensor dan Integrasi Dengan mik- rokontroller.....	34
3.4 Perancangan media penyimpanan data	39
3.5 Perancangan Algoritma <i>Filter Wavelet Transform</i>	40
3.6 Integrasi Sistem Akuisisi Data.....	43
3.7 Diagram Blok Sistem setelah dilakukan rekonstru- ksi sistem akuisisi data	47
3.8 Pengambilan data sensor dan kalibrator.....	48
3.9 Pengambilan data hasil filter.....	53
3.10 Pengambilan Data uji Dinamis	54
BAB 4 Analisa data dan pembahasan.....	55
4.1 Analisa Data.....	55
4.2 Pembahasan.....	75
BAB 5 Kesimpulan.....	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR RUJUKAN.....	85
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem Pengukuran	6
Gambar 2.2 Sistem Pengukuran (Bentley, 2005)	6
Gambar 2.3 Karakteristik Statik Sistem (Bentley, 2005) .	6
Gambar 2.4 Ilustrasi Akurasi (Morris, 2011)	8
Gambar 2.5 Sensor HTU 21D (Measurement specialist TM, 2012).....	11
Gambar 2.6 Sensor BMP085 (BOSCH, 2009).	13
Gambar 2.7 Anemometer (EKT, 2009).....	14
Gambar 2.8 Wind Vane (EQUINOX, 2009)	14
Gambar 2.9 Sensor IMU 9DOF (Analog Device, 2009)	15
Gambar 2.10 Sistem mikrokontroller (Wardana, 2015) .	16
Gambar 2.11 Arduino Mega 2560 (Arduino TM).....	17
Gambar 2.12 Struktur 3 tingkat pada <i>fast wavelet</i> <i>transform</i> (Baleanu, 2012).....	26
Gambar 2.13 Proses Signal Denoising (Alaa A Jaber, 2015).....	27
Gambar 2.14 Signal Denoising menggunakan <i>Wavelet</i> <i>Transform</i> (Alaa A Jaber, 2015).....	28
Gambar 2.15 <i>Buoyweather station type II</i>	29
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	32
Gambar 3.2 Tahapan perancangan sistem	33
Gambar 3.3 Tahapan perancangan sensor dan integrasi dengan mikrokontroller	35
Gambar 3.4 Wiring sensor suhu dan kelembaban	36
Gambar 3.5 Wiring sensor tekanan	36
Gambar 3.6 Wiring sensor kecepatan angin	37
Gambar 3.7 Wiring sensor arah angin	38
Gambar 3.8 Wiring sensor ketinggian gelombang dan kompas.....	38
Gambar 3. 9 Perancangan media pengambilan data.....	39
Gambar 3.10 Wiring media penyimpanan data	40
Gambar 3.11 Tahapan perancangan algoritma <i>filter</i>	41
Gambar 3.12 Proses dekomposisi sinyal 5 tingkat.	42
Gambar 3.13 Proses <i>filter</i> sinyal tahap pertama	43

Gambar 3.14 Tahapan integrasi sistem	44
Gambar 3.15 Desain <i>board</i> bagian atas	45
Gambar 3.16 Desain <i>Board</i> bagian bawah.....	46
Gambar 3.17 Sensor yang terpasang pada <i>buoyweather</i>	46
Gambar 3.18 Diagram blok sistem	47
Gambar 3.19 Tahap pengambilan data dan kalibrasi	48
Gambar 3.20 Proses pengambilan data hasil <i>filter</i>	53
Gambar 3.21 Proses pengambilan data uji dinamis	54
Gambar 4.2 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Suhu	56
Gambar 4.3 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Kelembaban.....	57
Gambar 4.4 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Tekanan ...	58
Gambar 4.5 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Kecepatan Angin.....	60
Gambar 4.6 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Ketinggian Gelombang	61
Gambar 4.7 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Kompas	63
Gambar 4.8 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator Arah Angin	64
Gambar 4.9 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> sensor suhu.....	65
Gambar 4.10 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> sensor Kelembaban	66
Gambar 4.11 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> Sensor tekanan	68
Gambar 4.12 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> sensor kecepatan angin	69
Gambar 4.13 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> Sensor Ketinggian Gelombang	71
Gambar 4.14 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> Sensor kompas	72
Gambar 4.15 Sinyal uji raw, raw dengan <i>noise</i> dan <i>denoise</i> Sensor Arah angin.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560	17
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Suhu...	55
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Kelembaban	57
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Tekanan	58
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Kecepatan Angin.....	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Ketegangan Gelombang.....	60
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Kompas.....	62
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrator Arah Angin	63
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Suhu.....	65
Tabel 4.9 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Kelembaban	67
Tabel 4.10 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Tekanan	67
Tabel 4.11 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Kecepatan Angin	69
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Sensor Ketinggian Gelombang	70
Tabel 4.13 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Kompas.....	71
Tabel 4.14 Hasil Pengujian <i>Wavelet</i> Sensor Arah Angin	73
Tabel 4.15 Hasil olah data sensor uji Dinamis	74
Tabel 4.16 Hasil uji sensor dan kalibrator	75
Tabel 4.17 Perbandingan eror rata-rata dengan penelitian sebelumnya	76
Tabel 4.18 RMSE Sebelum dan Setelah <i>Filter</i> menggunakan <i>Wavelet Transform</i>	78
Tabel 4.19 SNR Sebelum dan Setelah Filter menggunakan <i>Wavelet Transform</i>	79
Tabel 4.20 Pebandingan nilai RMSE menggunakan <i>wavelet transform</i> dengan penelitian sebelumnya	80

Tabel 4. 21 Perbedaan Nilai Uji Dinamis	81
---	----

DAFTAR SIMBOL

δ	= Standar Deviasi
X_i	= Hasil dari output pengukuran
\bar{X}	= Rata-rata hasil pengukuran
E_a	= Error akurasi
σ_a	= Standar deviasi eror akurasi
α_a	= Standar eror akurasi
$S_{NN}(\omega)$	= Fungsi autokorelasi dalam domain <i>fourier</i>
N_0	= Konstanta real konstan
$S_{NN}(\tau)$	= Fungsi autokorelasi dalam domain waktu
$\delta(\tau)$	= Fungsi hasil fourier transform
$G(i)$	= Sinyal raw dari sinyal yang diukur
$T(i)$	= Sinyal yang telah <i>filter</i> atau sinyal yang diinginkan
$x(n)$	= Sinyal asli
$x_r(n)$	= Sinyal yang telah di denoise.
$\Psi(t)$	= Fungsi wavelet
$a \in \mathbb{R}$	= Parameter translasi
$b \in \mathbb{R}^+$	= Parameter dilatasi atau scale
$W_x(a,b)$	= Continuous wavelet transform
d_n^m	= Koefisien ekspansi
$\Psi_n^m(t)$	= Fungsi basis orthonormal
$d_m(t)$	= Sifat dari sinyal pada tingkat m
$h[n]$	= Lowpass filter
$g[n]$	= Highpass filter
$\sum_{n=1}^N x[n] ^2$	= Energi total dari sinyal
HPF	= High pass filter
LPF	= Low pass filter
RMSE	= Root mean square
SNR	= Signal to noise ratio

Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim terbesar didunia yang memiliki 17.480 buah pulau dengan panjang garis pantai 95.181 km dengan luas lautan mencapai 5,8 juta km² (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008). Pulau yang banyak dan lautan yang luas menjadikan banyak sekali aktivitas yang dilakukan di perairan. Kegiatan tersebut tentunya perlu didukung dengan adanya pemantauan cuaca dan kondisi keadaan laut yang dilakukan dengan media stasiun cuaca milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Stasiun cuaca ini bekerja dalam sistem instrumentasi yang didukung oleh sensor, sistem transmisi, monitoring dan akuisisi data, sehingga mampu memberikan informasi dan prediksi cuaca maritim (Aji, 2013).

Informasi cuaca dan kondisi laut seharusnya memiliki memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi pada setiap daerah sedangkan data yang diberikan pada website BMKG merupakan hasil dari keluaran sebuah program yang didasarkan pada data rata-rata beberapa posisi di Indonesia (Sampurna, 2009). Kondisi seperti ini membutuhkan stasiun cuaca tambahan pada beberapa daerah untuk meningkatkan keakuratan informasi cuaca yang diberikan. Salah satu cara untuk menambahkan stasiun cuaca ini adalah dengan dibuatnya *buoyweather* (Tri, 2012).

Buoyweather adalah sistem yang terdiri dari beberapa sensor manajemen data dan pengolahan data sehingga dapat dikirimkan secara *wireless* ke *work station* di darat (Pitartyanti, 2014) agar dapat memperoleh informasi kondisi cuaca yang diperlukan beberapa variabel diantaranya suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, arah angin, kompas dan ketinggian gelombang laut. *Buoyweather station type II* merupakan perkembangan dari

buoyweather sebelumnya dari sisi bentuk dan kemampuan pelampungnya, dimana *Buoyweather station type II* ini memiliki kualitas dan tingkat kestabilan yang lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya (Tri, 2012). Variabel-variabel cuaca nantinya akan melalui proses akuisisi data, yaitu diukur, dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan menuju *ground segment* (sistem monitor) untuk ditampilkan hasilnya. Akuisisi data merupakan aplikasi teknologi yang terintegrasi untuk melakukan pengukuran, penyimpanan, pengolahan dan penampilan data (Measurement Computing, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan berhubungan dengan akuisisi data pada *buoyweather station* (Edi, 2011), (Aji, 2013), (Pitartyanti, 2014), (Redhianto, 2016). Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan cukup banyak mengalami perkembangan dan penyempurnaan dalam segi media pengiriman sinyal, jumlah variabel yang diukur dan cara pengolahan data. Data yang terukur memerlukan keakuratan karena data yang diperlukan akan digunakan sebagai informasi cuaca. Sebuah sistem pengukuran tentunya memiliki beberapa kendala diantaranya adalah *noise* atau gangguan dalam proses pengukuran atau pengiriman data. Banyak cara untuk mengendalikan *noise* pada sistem pengukuran salah satunya adalah dengan *filter* sinyal yang berguna untuk mereduksi eror pembacaan (Measurement Computing, 2012).

Terdapat banyak metode algoritma *filter* yang digunakan untuk meningkatkan akurasi dari pembacaan sensor, salah satunya adalah metode *Wavelet Transform* yang memiliki performansi lebih baik dalam menangani *noise* di bandingkan *filter* lainnya seperti *median filter*, *wiener filter*, *Gaussian filter*, *average filter* (Chancal Shrivastha, 2013), (Bobby, 2011) dan *filter kalman* (K Raghavendra Rao, 2014), hal ini dikarenakan *wavelet transform* merupakan metode yang sangat baik dalam

melakukan filter sinyal *nonlinear* dan juga teknik *wavelet thresholding* memberikan cara baru dalam mereduksi *noise* dalam sinyal (Sumithra M G, 2009) yang terkontaminasi oleh *noise*. Tingkat Pembacaan sensor akan dapat ditingkatkan jika eror pembacaan dapat dikurangi, oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dilakukan rekonstruksi sistem akuisisi data dengan filter menggunakan algoritma *wavelet transform* agar dapat memberikan performansi yang lebih baik.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Apakah kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data sudah sesuai standar ?
- b. Apakah kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya?
- c. Apakah *filter* menggunakan *wavelet transform* dapat mereduksi *noise* pada sistem pengukuran *buoyweather station type II* ?
- d. Apakah kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan *wavelet transform* lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya ?
- e. Apakah data cuaca hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan *wavelet transform* pada *buoyweather station type II* telah mewakili data cuaca yang sesungguhnya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

- a. Tidak membahas variabel cuaca selain suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, ketinggian gelombang, kompas dan arah angin.

- b. Pemrograman dan pengolahan data menggunakan *File.m*, *File.ino* dan *File.xlsx* yang dibuat penulis masing-masing pada aplikasi matlab R2014b, Arduino IDE dan Ms.Excel.
- c. *Noise* yang dibahas adalah berupa *white noise*.
- d. Uji Dinamis sistem *buoyweather station type II* dilakukan di pantai kenjeran Surabaya anantara jarak 5-1000 M dari bibir pantai.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah adalah :

- a. Mengetahui kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data berdasarkan pada standar.
- b. Mengetahui perbandingan kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi dengan penelitian sebelumnya.
- c. Mengetahui kinerja *filter* menggunakan *wavelet transform* dalam mereduksi *noise* pada sistem pengukuran *buoyweather station type II*.
- d. Mengetahui perbandingan kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan *wavelet transform* dibandingkan dengan penelitian sebelumnya
- e. Mengetahui kesesuaian data cuaca hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan *wavelet transform* pada *buoyweather station type II* dengan data cuaca sesungguhnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pengukuran

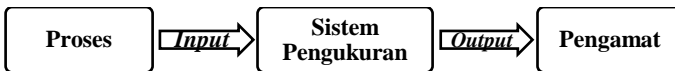
Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu obyek terhadap standar yang relevan dengan menggunakan alat ukur. Alat ukur adalah perangkat atau instrumen untuk menentukan nilai atau besaran dari suatu kuantitas atau variabel fisis. Sistem Pengukuran adalah sistem informasi yang memberikan sebuah nilai pada proses yang diukur kepada seorang pengamat. Pengukuran bertujuan untuk menghubungkan pengamat dengan variabel yang diukur sehingga didapatkan nilai dan informasi dari variabel tersebut yang nantinya akan digunakan dalam menentukan keputusan suatu kepentingan, misalkan pada penentuan kondisi cuaca. Kondisi cuaca sangat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya temperatur udara, kelembaban udara tekanan udara, kecepatan angin, arah angin, kopas dan ketinggian gelombang laut. Oleh karena itu diperlukan pengukuran pada variabel-variabel tersebut guna mendapatkan nilai yang dibutuhkan sehingga dapat ditentukan pula kondisi cuaca saat itu.

Tujuan dari sistem pengukuran pada dasarnya adalah untuk mengetahui nilai dari suatu besaran yang ingin diamati. Sebuah sistem pengukuran secara umum terdiri dari sensor, pengondisian sinyal, pemrosesan sinyal dan *display*. Sensor merupakan alat yang bersentuhan langsung dengan variabel atau besaran fisis yang diamati. Selanjutnya dilakukan pengondisian sinyal yang berfungsi untuk merubah sinyal menjadi bentuk yang sesuai untuk proses lebih lanjut. Setelah itu dilakukan pemrosesan sinyal yang bertujuan untuk mengubah sinyal yang terukur menjadi sinyal yang dapat ditampilkan. Sehingga sinyal tersebut dapat muncul di *display* untuk diamati.



Gambar 2.1 Diagram blok sistem pengukuran (Bentley, 2005)

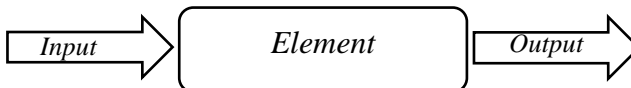
Gambar 2.1 menunjukkan bagaimana informasi dapat diterima oleh pengamat atau *observer* sesuai dengan tujuan dari sistem pengukuran. Informasi yang didapat merupakan nilai variabel proses yang diukur. Variabel proses itu sendiri dapat berupa variabel suhu, kecepatan ataupun kelembapan. Masukan dari sistem pengukuran adalah *true value* atau nilai sebenarnya dari variabel dan keluarannya adalah *measured value* atau nilai yang terukur oleh alat. Sistem pengukuran yang ideal akan memiliki nilai *measured value* yang sama dengan *true value* dari variabel yang diukur (Bentley, 2005).



Gambar 2.2 Sistem pengukuran (Bentley, 2005)

2.1.1 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran

Karakteristik statik sistem pengukuran adalah sifat sebuah instrument yang tidak bergantung pada waktu. Karakteristik statik merupakan hubungan yang antara output dan input dari sebuah elemen ketika input bernilai konstan maupun berubah secara perlahan.



Gambar 2.3 Karakteristik statik sistem (Bentley, 2005)

Karakteristik statik sendiri memiliki beberapa parameter, yaitu.

a. Error

Kesalahan dalam sistem pengukuran disebut error. Error terbagi menjadi dua, yaitu error yang muncul selama proses pengukuran dan error yang muncul akibat sinyal pengukuran dipengaruhi oleh gangguan (*noise*) selama pengiriman sinyal dari titik pengukuran ke penerima sinyal. Dalam pengukuran yang ideal nilai yang terukur sama dengan nilai yang sebenarnya. Untuk menghitung error dapat digunakan persamaan 2.1.

$$\text{Error} = \text{Nilai terukur} - \text{Nilai Sebenarnya} \quad (2.1)$$

b. Standar Deviasi

Standar deviasi dalam ilmu statistika yang sering disebut sebagai simpangan baku, biasanya dilambangkan dengan huruf S yang menggambarkan tingkat penyebaran data dari nilai rata-rata. Persamaan yang digunakan untuk menghitung standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 2.2 dibawah ini.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.2)$$

Simbol δ yang tertulis pada persamaan 2.2. Merupakan standar deviasi. Beberapa penulis menuliskan standar deviasi menggunakan simbol huruf D. Simbol Xi merupakan hasil dari output pengukuran sedangkan simbol \bar{X} atau X bar merupakan rata-rata hasil pengukuran Untuk simbol huruf n merupakan jumlah dari data hasil pengukuran.

c. Akurasi

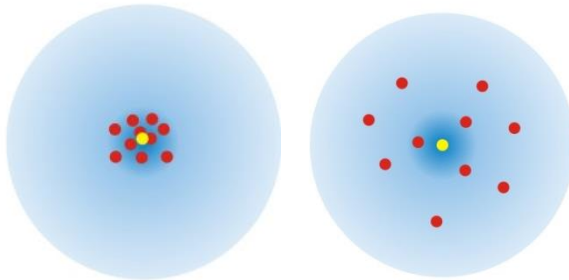
Akurasi adalah kemampuan dari alat ukur untuk mendapat nilai output sedekat mungkin dengan nilai sebenarnya dari objek maupun variabel yang diukur. Dalam pengukuran sebuah pengujian, nilai sebenarnya merupakan nilai yang berasal dari alat yang sudah terstandarisasi dan terkalibrasi. Dengan kata lain, semakin dekat nilai yang dihasilkan melalui alat dengan nilai yang dihasilkan oleh kalibrator, maka alat ukur tersebut semakin akurat.

Gambar 2.4 bagian kiri menunjukkan bahwa pengukuran dapat dikatakan akurat karena titik pengukuran mendekati nilai sebenarnya. Sedangkan pada bagian kanan menunjukkan bahwa pengukuran tidak akurat ketika nilai jauh dari nilai sebenarnya. Kesalahan pada akurasi atau eror akurasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ea = 1,96 \sigma_{\alpha} + \alpha_a \quad (2.3)$$

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum(e^2)}{(n-1)}} \quad (2.4)$$

$$\alpha_a = \frac{\sigma_{\alpha}}{n} \quad (2.5)$$



Gambar 2.4 Ilustrasi akurasi (Morris, 2011)

Ea pada persamaan 2.3 merupakan nilai eror akurasi sedangkan σ_α merupakan nilai eror standar deviasi (Morris, 2011).

2.2 Sistem Akuisisi Data

Akuisisi data adalah pengukuran sinyal elektrik dari transduser dan peralatan pengukuran, kemudian memasukanya ke komputer untuk diproses. Akuisisi data dapat diartikan sebagai suatu cara untuk memperoleh parameter-parameter informasi dari suatu sistem atau proses seperti suhu, temperatur atau tekanan oleh sensor yang diubah menjadi sinyal listrik. Pada umumnya akuisisi data merupakan proses pengukuran terhadap objek atau besaran fisis, kemudian diolah dan ditampilkan untuk dilakukan pengambilan langkah-langkah sesuai informasi yang telah diperoleh.

Sistem akuisisi data terdiri dari komponen-komponen yang saling bekerja bersama-sama untuk tujuan melakukan pengukuran, penyimpanan dan pengolahan data menjadi informasi. Pada umumnya elemen-elemen tersebut terdiri dari sensor atau transduser, pengondisian sinyal, *multiplexer*, pemrosesan sinyal, dan *display*.

Setiap elemen-elemen penyusun sistem akuisisi data mempunyai peranan penting yang bekerja saling mendukung satu sama lain untuk mencapai tujuan akuisisi data. Sensor atau transduser merupakan elemen yang bertugas untuk mendeteksi fenomena fisik, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik. Untuk menghasilkan pengukuran yang lebih teliti, maka terdapat pengondisian sinyal yang masuk dari sensor atau transduser. Selain itu elemen pengondisian pada sistem akuisisi data juga berfungsi untuk menekan gangguan atau interferensi yang timbul dari sensor atau transduser. Setelah dilakukan pengondisian, maka sinyal di proses oleh elemen pemrosesan sinyal yang merubah sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat ditampilkan pada *display*. Pada kasus tertentu, untuk mendapatkan

parameter pengukuran lebih dari satu variabel, dapat digunakan elemen *multiplexer* yang berfungsi untuk mengukur atau mengambil variabel lebih dari satu masukan (Measurement Computing, 2012).

2.3 Sensor

Sensor dan transduser adalah elemen pertama pada sistem pengukuran. Sensor merupakan perangkat yang mengambil dan menerima nilai dari proses atau sistem yang sedang diukur untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. *Input* dari sensor adalah *true value* dari sistem yang diukur dan *outputnya* tergantung pada nilai input tersebut. Sensor dan transduser dapat di klasifikasikan berdasarkan pada sinyal outputnya apakah listrik, mekanik, termal atau optikal. Sensor dan transduser merupakan *device* yang dapat bekerja secara bersamaan atau dapat pula bekerja secara terpisah karena kedua device tersebut memiliki peran dan fungsi masing-masing.

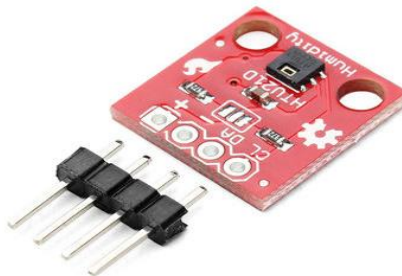
Sensor-sensor yang digunakan dalam sistem pengukuran dapat dibagi berdasarkan cara sensor mengirim informasi ke *mikrokontroller*, terdapat dua jenis yaitu analog dan digital. Cara mengolah informasi tersebut berbeda menurut jenis sensornya. Sensor analog akan mengirimkan data berupa konversi dari nilai yang diinginkan. Sedangkan sensor digital menggunakan sistem bilangan biner untuk dapat mengirimkan data yang diinginkan. Sebagai contoh jika menginginkan muncul angka 7 akan diberikan tegangan 7V. Tentunya harus disepakati terlebih dahulu mengenai nilai dan skala yang digunakan. Dalam hal ini disepakati nilai sama dengan tegangan (*voltage*). Pada sensor digital jika ingin memunculkan angka 7 pada sensor digital maka akan dikirimkan melalui kombinasi nilai 0 dan 1 yang disebut dengan bilangan biner. Nilai 0 berarti 0V dan nilai 1 berarti 7V. Bilangan biner ini akan dikombinasikan sehingga

dapat mengirimkan informasi yang di inginkan (Bentley, 2005).

a. Suhu dan Kelembaban

Suhu udara merupakan suatu keadaan atau kondisi udara pada suatu tempat dan waktu tertentu. Kelembapan udara sendiri adalah banyaknya uap air yang terkandung di udara. Terdapat tiga jenis kelembapan udara yaitu kelembapan absolut, kelembapan udara spesifik dan kelembapan relatif. kelembapan relative dapat pula merupakan perbandingan antara tekanan uap air (aktual) dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama satuan kelembapan relatif dinyatakan dalam bentuk %.

Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban digunakan satu jenis sensor yaitu HTU 21D yang dapat melakukan pengukuran dua variabel sekaligus. Gambar 2.5 merupakan sensor HTU 21D yang menggunakan komunikasi *Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C. I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL(*serial Clock*) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data anatara I2C dengan pengontrolnya.



Gambar 2.5 Sensor HTU 21D (Measurement specialist TM, 2012)

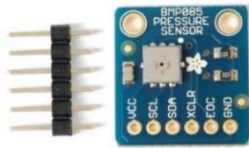
Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C bus dengan membentuk sinyal Start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master*.

Sinyal *Start* merupakan sinyal untuk memulai semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari "1" menjadi "0" pada saat SCL "1". Sinyal *Stop* merupakan sinyal untuk mengakhiri semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari "0" menjadi "1" pada saat SCL "1" (Measurement specialist TM, 2012).

b. Tekanan

Tekanan udara merupakan tekanan yang ditimbulkan akibat beratnya lapisan udara. Selain itu tekanan udara juga dapat didefinisikan sebagai tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam suatu luas tertentu. Sebuah tempat memiliki tekanan udara yang dapat berubah-ubah setiap waktu. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, maka tekanan udara akan semakin rendah.

Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan dengan luas tertentu, misalnya 1 cm^2 . Satuan yang digunakan adalah atmosfer (atm), milimeter kolom air raksa (mmHg) atau milibar (mbar). Besarnya tekanan udara dinyatakan sebagai 1 atm. Tekanan sebesar 1 atm ini setara dengan tekanan yang diberikan oleh kolom air raksa setinggi 760 mm. Satuan tekanan selain dengan atm atau mmHG juga dapat dan sering dinyatakan dalam satuan kg/m^3 . Konversi antara satuan tekanan udara tersebut adalah sebagai berikut $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 14,7 \text{ Psi} = 1,013 \text{ mbar}$.



Gambar 2.6 Sensor BMP085 (BOSCH, 2009).

Pada penelitian ini juga digunakan pengukuran terhadap tekanan udara. Sensor yang digunakan adalah BMP085, seperti pada Gambar 2.6 jenis sensor ini tidak jauh berbeda dengan yang digunakan pada pengukuran suhu dan kelembaban yaitu menggunakan komunikasi I2C (BOSCH, 2009).

c. Kecepatan dan Arah angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ketempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal. Kecepatan angin dapat diukur dengan alat yang disebut *anemometer*. Jenis *anemometer* yang paling banyak digunakan adalah *anemometer* mangkok. Kecepatan angin yang terukur biasanya dilihat menggunakan satuan MPH (*mil per hour*) atau m/s (*meter per second*).

Arah angin adalah penunjuk pergerakan angin. Arah angin adalah dari mana angin tersebut bertiup dan dinyatakan dengan sudut kompas. Misalnya, sudut 0 derajat atau 60 derajat menunjukkan utara (angin utara), sudut 90 derajat menunjukkan timur (angin timur) sudut 180 derajat menunjukkan selatan (angin selatan), dan sudut 270 derajat menunjukkan barat (angin barat). Alat ukur kecepatan dan arah angin ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Anemometer (EKT, 2009)



Gambar 2.8 Windvane (EQUINOX, 2009)

Sistem kerja dari sensor tersebut berbeda dengan sensor-sensor sebelumnya. Jika pada sensor sebelumnya merupakan sensor jenis digital, maka sensor kecepatan dan arah angin ini merupakan jenis analog untuk pemrosesan sinyalnya. Sensor yang digunakan untuk menghitung kecepatan dan arah anginnya menggunakan *magnet reed switches*. Pengukuran kecepatan angin bekerja dengan menutup kontak sebagai magnet yang bergerak melewati switch. Pada kecepatan angin 1,49 MPH (2,4 km/jam) menyebabkan saklar untuk menutup sekali perdetik.

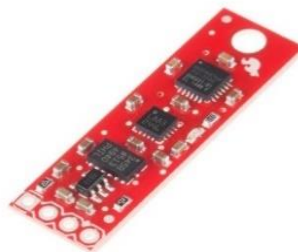
Pengukuran arah angin menggunakan metode yang berbeda namun tetap menggunakan *magnet reed switches*. Sensor ini memiliki delapan *switch*, masing-masing terhubung ke resistor yang berbeda. Magnet baling-baling dapat menutup dua *switch* sekaligus, sehingga sampai

dengan 16 posisi yang berbeda. Resistor eksternal digunakan untuk membentuk pembagi tegangan dan menghasilkan tegangan keluaran yang mengubah analog ke digital, rangkaian akan menghasilkan tegangan yang dikonversi menjadi 16 arah mata angin.

d. Ketinggian Gelombang laut dan Kompas

Gelombang laut adalah Peristiwa naik turunnya sebuah permukaan air laut dari ukuran kecil hingga sampai yang paling panjang atau pasang surutnya air laut. Terjadinya sebuah tingginya gelombang laut disebabkan karena adanya kecepatan angin, lamanya angin yang bertiup dan jarak angin yang bertiup. Tinggi gelombang adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang. Pengukuran ketinggian gelombang laut dapat dilakukan menggunakan IMU (Inertial measurement unit).

Sensor IMU merupakan sebuah komponen inersia yang digunakan untuk panduan sebuah sistem yang umumnya digunakan pada kendaraan darat, kendaraan laut dan roket kendali. Sensor IMU bekerja dengan mensensing sebuah gerakan dengan menggunakan kombinasi sensor *accelerometer* yang digunakan untuk menentukan percepatan gravitasi dan sensor *magnetometer* digunakan untuk heading atau menentukan arah mata angin.

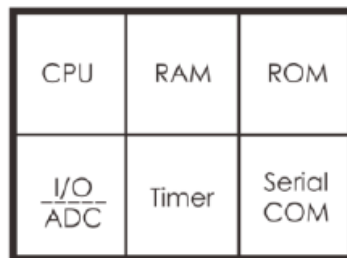


Gambar 2.9 Sensor IMU 9DOF (Analog Device, 2009)

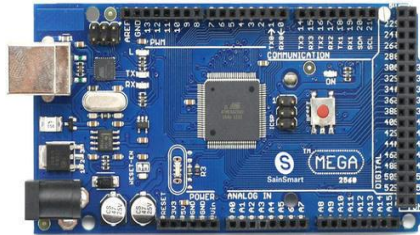
Gambar 2.9 merupakan gambar sensor IMU 9DOF yang terdiri dari beberapa *sensor 3-axis accelerometer*, *3 axis gyroscope*, dan *3 axis magnetometer* (Analog Device, 2009) (Honeywell, 2009).

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang memiliki mikroprosesor di dalamnya, serta komponen pendukung lainnya seperti RAM, ROM, port I/O serta timer yang terintegrasi dalam satu chip (atau IC, *integrated circuit*) yang berarti keseluruhan komponen utama sebuah komputer ditempatkan dalam sebuah chip tunggal. Prosesor, atau mikroprosesor, atau lebih dikenal sebagai CPU (*Central Processing Unit*) adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat dari suatu komputer. Secara performa konfigurasi CPU dengan komponen eksternalnya yang jauh lebih baik daripada sebuah mikrokontroler. Namun mikrokontroler dapat menjadi pilihan utama, terutama untuk aplikasi yang mempertimbangkan ukuran, harga serta *portability* (kemudahan untuk dibawa). Pada Gambar 2.10, kita dapat mengamati bahwa salah satu komponen yang dimiliki oleh mikrokontroler adalah ADC (*analog-to-digital converter*).



Gambar 2.10 Sistem mikrokontroler (Wardana, 2015)



Gambar 2. 11 Arduino mega 2560 (Arduino TM)

ADC adalah komponen yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Penerapan ADC sangat penting, misalnya ketika kita menggunakan mikrokontroler untuk aplikasi-aplikasi yang melibatkan sensor analog (Wardana, 2015). Pada penelitian ini digunakan jenis mikrokontroller Arduino Mega. Arduino Mega memiliki berbagai macam jenis mikrokontroler yang dibedakan menurut banyak sedikitnya I/O (input/output) yang tersedia. Spesifikasi arduino mega dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi arduino mega 2560 (Arduino TM)

Mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan operasi	5 V
Tegangan operasi (disarankan)	7 - 12 V
Tegangan masukan	6 – 20 V
Digital I/O Pin	54 (15 PWM output)
Analog input pins	16
Flash memory	56 KB (8KB bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
ADC pin	8 bit
Panjang	101.522 mm
Lebar	53.3 mm

Mikrokontroller Arduino Mega 2560 memiliki 256 KB *flash memory*, 8KB SRAM dan 4 KB EEPROM didalamnya, serta dapat berfungsi atau bekerja apabila telah terisi oleh program. *Flash memory* digunakan untuk menyimpan perintah atau instruksi, sehingga dapat bekerja sendiri tanpa bantuan chip lainnya. Hal lain yang menguntungkan adalah sistem pemrograman lebih sederhana dan tidak memerlukan rangkaian yang rumit dan memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol.

2.5 Sinyal

Sinyal adalah kuantitas fundamental dalam *engineering* yang merepresentasikan data baik analog maupun digital. Sinyal dalam bidang matematika dapat dikatakan sebagai sebuah fungsi. Sinyal analog memiliki nilai *kontinyu* sedangkan sinyal digital memiliki nilai diskrit. Variabel *independent* dari sebuah sinyal bisa berupa waktu, ruang atau integer.

Sinyal analog adalah sinyal *kontinyu* yang menggambarkan variabel bebas. Contohnya adalah suara manusia. Suara dikeluarkan dari pita suara manusia yang menghasilkan gelombang tekanan di udara, sinyal suara berkaitan dengan sebuah fungsi yang memiliki variabel bebas dari ruang dan waktu dan sebuah nilai yang berkaitan dengan tekanan $s(x,t)$. Saat proses merekam suara seseorang yang sedang berbicara terjadi proses analisa pada sinyal suara pada posisi ruang tertentu X_0 . Maka kondisi tersebut akan menghasilkan $s(X_0,t)$.

Sinyal digital adalah sinyal yang memiliki nilai diskrit dan menunjukkan bahwa sinyal memiliki sebuah nilai *integer* dari variabel bebas. Informasi digital termasuk angka dan simbol contohnya adalah saat memasukan data dari keyboard (Etten, 2005).

2.6 Sinyal Acak dan *noise*

Seorang *engineer* seringkali sulit untuk memahami definisi matematika yang tepat dari sinyal dikarenakan sinyal mengalami perubahan sebagai fungsi waktu acak. Terkadang perubahan acak ini diakibatkan oleh sebuah variabel acak namun seringkali diakibatkan oleh banyak variabel. Dalam kondisi lain penyebab dari perubahan acak ini tidak jelas dan tidak dapat dideskripsikan dan sinyal itu sendiri hanya dilihat dari nilai rata-rata pengukuran.

Sebuah fungsi waktu acak bisa saja merupakan sebuah sinyal yang diinginkan, seperti sinyal suara atau video, atau sebuah sinyal yang tidak diinginkan yang tanpa disengaja bergabung pada sinyal yang diinginkan dan mempengaruhi sinyal tersebut. Definisi dari Sinyal yang kita inginkan disebut sebagai *random signal* dan sinyal yang tidak diinginkan disebut *noise* (Etten, 2005).

2.7 Penyebab *Noise* pada Sistem pengukuran

Eror pada sistem pengukuran sering terjadi pada saat sinyal listrik pada sensor dan transduser terganggu oleh *noise*. *Noise* ini bersumber dari dua hal yaitu *circuit* pengukuran dan juga saat pergerakan dari sinyal terukur ke titik tertentu. Tujuan saat mendesain sebuah sistem pengukuran adalah untuk mengurangi *noise* sebaik mungkin. *Noise* dapat bersumber baik dari dalam atau luar sistem pengukuran.

Noise yang berasal dari sumber eksternal terjadi dalam sistem pengukuran diakibatkan oleh beberapa sebab seperti gangguan pada energi dan kabel yang berpengaruh pada frekuensi utama, jarak terhadap *circuit* pencahayaan, jarak terhadap peralatan audio atau frekuensi radio dan lainnya. Sedangkan *noise* yang berasal dari dalam dapat diakibatkan oleh potensial termoelektrik, *shot noise* dan potensial yang berkaitan dengan *electrochemical* (Morris, 2011).

a. Potensial termoelektrik

Saat metal dengan tipe yang berbeda bersentuhan satu samalain, sebuah potensial termoelektrik akan terbentuk tergantung pada suhu sambungannya. Hal ini dikenal sebagai efek termoelektrik dan merupakan prinsip dari proses pengukuran suhu menggunakan termokopel. Selain itu hal lain yang dapat disebabkan oleh potensial termoelektrik adalah pada sistem pengukuran arus. Potensial termoelektrik merupakan 10% dari penyebab terjadinya eror pada alat ukur.

b. Shot Noise

Shot noise terjadi pada transistor, integrated circuit dan bagian semikonduktor lainnya. Hal ini mengakibatkan perubahan acak yang disebabkan oleh pengiriman dari pembawa sinyal melewati simpangan dalam sebuah device.

c. Potensial elektrokimia

Penyebab utamanya adalah sambungan solder pada sebuah device.

2.8 White dan Coloured Noise

Noise pada sebuah sistem $N(t)$ dikatakan *white noise* ketika kerapatan amplitudo pada $N(t)$ memiliki nilai konstan pada semua frekuensi.

$$S_{NN}(\omega) = \frac{N_0}{2} \quad (2.6)$$

Dimana N_0 adalah sebuah konstanta real konstan. Dengan melakukan *inverse fourier transform* pada sistem ini, maka fungsi autokorelasinya adalah

$$S_{NN}(\tau) = \frac{N_0}{2} \delta(\tau) \quad (2.7)$$

Nama *white noise* berasal dari ilmu optik dimana sinar putih berisi semua frekuensi (semua panjang gelombang)

dari *range* cahaya tampak. Pada praktiknya pemodelan *white noise* banyak digunakan untuk menganalisa *noise*. Kata *Coloured Noise* di gunakan pada kondisi dimana ketika amplitudo spektrum tidak berwarna putih, Contohnya adalah proses *lowpass*, *highpass* dan *bandpass*. Contoh penting dari *white noise* adalah *thermal noise* (Etten, 2005).

2.9 Signal Filtering

Pemrosesan sinyal berfungsi untuk meningkatkan kualitas pembacaan dari sinyal pada keluaran sistem pengukuran, dan salah satu tujuannya adalah untuk menghilangkan *noise* dari sinyal pengukuran yang disebabkan oleh desain dari sistem pengukuran. *Filter* sinyal berisi pemrosesan sebuah sinyal dan menghilangkan sebuah pita frekuensi tertentu dalam sinyal yang dianggap sebagai *noise*. Pita frekuensi yang dihilangkan dapat berupa *low-frequency*, *high-frequency*, pada keduanya atau pada bagian tengah spektrum. *Filter* yang digunakan untuk setiap operasi ini disebut sebagai *low-pass ilter*, *high pass filter*, *band pass filter* dan *band-stop filter* (Orfanidis, 2010).

2.10 Root mean square error (RMSE)

Root mean square eror atau standar deviasi eror adalah salah satu ukuran untuk mengukur performa dari suatu sinyal yang mewakili nilai sebaran eror dan memiliki persamaan sebagai berikut

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G(i) - T(i))^2} \quad (2.8)$$

Dengan $G(i)$ adalah sinyal *raw* dari sinyal yang diukur dan $T(i)$ adalah sinyal yang telah *filter* atau sinyal yang diinginkan, semakin kecil RMSE berarti sistem memiliki performa semakin baik (Mehmet ustuntag, 2013).

2.11 Signal to noise ratio (SNR)

Salah satu metode untuk mengukur performa dari suatu sinyal adalah menggunakan SNR (Signal to Noise Ratio) dimana telah digunakan secara umum untuk mengukur kualitas dari sinyal, dimana persamaannya adalah sebagai berikut

$$\text{SNR} = \frac{10 \log_{10}(\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n))}{\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - xr(n))^2} \quad (2.9)$$

Dimana $x(n)$ adalah sinyal asli, $xr(n)$ adalah sinyal yang telah di *denoise*. Semakin tinggi nilai SNR dari suatu sinyal maka semakin baik (Baleanu, 2012).

2.12 Wavelet Transform

Wavelet Transform adalah alat yang sangat baik untuk digunakan pada pengolahan sinyal dan citra yang telah sukses digunakana pada banyak bidang sains seperti pemrosesan sinyal, kompresi gambar dan grafik komputer. Berbeda dengan *fourier transform*, *wavelet transform* secara praktikal cocok dengan sinyal non stasioner yang berubah berdasarkan waktu (Sumithra M G, 2009). Selain itu *Continuous wavelet transform* (CWT) memberikan informasi lebih baik dan detail mengenai *time-scale* dibandingkan *classical short time fourier transform* (STFT) (Baleanu, 2012).

Notasi $L^2(\mathbb{R})$ melambangkan *space* dari fungsi kuadrat yang dapat di integralkan pada fungsi \mathbb{R} . Dalam bahasan *signal processing* hal tersebut merupakan fungsi dengan energi terbatas. Notasi $\Psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$ merupakan sebuah fungsi tetap. Fungsi $\Psi(t)$ dikatakan sebuah *wavelet* jika dan hanya jika Fourire *Transform* dari $\Psi(\omega)$ terpenuhi.

$$c_{\Psi} = \int_0^{\infty} \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (2.10)$$

Persamaan diatas disebut *admissibility condition* yang menunjukkan bahwa *wavelet* pasti memiliki *zero average*.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t)dt = \Psi(0) = 0 \quad (2.11)$$

Dan lebih dari itu pasti bersifat *oscillatory*. Dengan kata lain, Ψ merupakan semacam gelombang. Cara mendefinisikan dilatasi dan translasi dari *wavelet* $\Psi_{a,b}$ dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.12)$$

Dimana $a \in \mathbb{R}$ adalah parameter translasi, sedangkan $b \in \mathbb{R}^+ (a \neq 0)$ adalah parameter dilatasi atau *scale*. Faktor $a^{-1/2}$ adalah sebuah konstanta energi, nilai yang didapatkan dari kuadrat $\Psi_{a,b}(t)$ sama untuk semua dilatasi a (Olkonen, 2011).

2.13 Continuous Wavelet Transform (CWT) dan Discrete Wavelet Transform (DWT)

Teknik CWT merubah sinyal menjadi fungsi *basis* dengan cara *expanding*, *shrinking* dan *shifting* sebuah fungsi tertentu dari sistem yang dinamakan *mother wavelet*. Transformasi ini mengurai sinyal menjadi skala yang berbeda pada tingkat tertentu yang menghasilkan data pada domain *time-scale*. Parameter *scale* secara tidak langsung berkaitan dengan frekuensi, yaitu pusat frekuensi dari *mother wavelet*. Sebuah pengembangan *wavelet* adalah gambaran dari sinyal dalam bentuk kumpulan data *orthogonal* dari nilai asli yang dihasilkan dari transformasi yang sesuai dari *mother wavelet*. Sifat dan kelebihan dari jenis metode *wavelet* tergantung pada sifat dasar dari *mother wavelet*. Fungsi dasar dari *wavelet transform* dihasilkan dari *mother wavelet* dengan operasi *scaling* dan *translation*. Saat proses *scaling* dipilih sebagai pangkat dua, jenis *wavelet transform* ini disebut *dyadic*

orthonormal wavelet transform yang mengarah pada perkembangan mengenai *discrete wavelet transform* (DWT) yang menghasilkan algoritma *multiresolution* untuk merubah sinyal menjadi nilai pada domain waktu dan frekuensi tertentu. DWT telah digunakan dalam berbagai bidang dari mulai analisa sinyal hingga kompresi sinyal.

Continous wavelet transform (CWT) dari $x(t) \in L^2(\mathbb{R})$ dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\begin{aligned} W_x(a,b) &= \langle x, \Psi_{a,b} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \dot{\Psi}_{a,b}(t) dt \\ &= \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \dot{\Psi}_{a,b} \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \end{aligned} \quad (2.13)$$

Dimana \langle , \rangle merupakan produk skalar dari $L^2(\mathbb{R})$ yang diartikan sebagai $\langle f, g \rangle := \int f(t) \bar{g}(t) dt$, dan simbol “ $-$ ” menunjukkan konjugasi kompleks. CWT mengukur variasi x pada nilai sekitar b , yang ukurannya proporsional terhadap a . Jika ingin merekonstruksi x dari *wavelet transform*nya dapat digunakan rumus rekonstruksi yang juga disebut *resolution of the identity*.

$$x(t) = \frac{1}{c_\Psi} \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty W_x(a,b) \Psi_{a,b}(t) \frac{dad b}{a^2} \quad (2.14)$$

Bagaimanapun juga sebuah jumlah data yang besar diwakili oleh sebuah nilai bilangan terbatas, oleh karena itu sangat penting untuk mempertimbangkan kondisi diskrit dari CWT. Secara umum, *orthogonal (discrete) wavelet* digunakan karena metode ini berkaitan dengan *wavelet* menjadi *orthonormal bases* dari $L^2(\mathbb{R})$. Pada kasus ini, *wavelet transform* digunakan hanya pada sebuah grid diskrit dari parameter dilatasi dan translasi. Dalam hal ini sebuah sinyal $x(t)$ dengan energi terbatas dapat dituliskan

dalam sebuah basis *wavelet* orthonormal pada persamaan berikut..

$$x(t) = \sum_m \sum_n d_n^m \Psi_n^m(t) \quad (2.15)$$

Dimana koefisien ekspansinya adalah

$$d_n^m = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_n x(t) \Psi_n^m(t) dt \quad (2.16)$$

Fungsi Basis orthonormal adalah semua dilatasi dan translasi dari sebuah fungsi yang berkaitan dengan analisa *wavelet* $\Psi(t)$ dan dapat dinyatakan pada persamaan berikut

$$\Psi_n^m(t) = 2^{m/2} \Psi(2^m t - n) \quad (2.17)$$

dengan m dan n masing-masing menyatakan dilatasi dan translasi, Sifat dari sinyal pada sebuah *wavelet* tertentu pada tingkat m adalah

$$d_m(t) = \sum_n d_n^m \Psi_n^m(t) \quad (2.18)$$

yang memberikan informasi mengenai sifat waktu dari sinyal dalam tiap skala pita yang berbeda, yang juga berarti memberikan informasi mengenai pengaruh masing-masing terhadap energi total.

(Mallat, 2009) Mengembangkan sebuah metode untuk menghitung DWT dan dikenal sebagai *multiresolution analysis* (MRA). Pendekatan MRA memberika sebuah metode umum untuk merekonstruksi basis ortogonal *wavelet* dan di implementasikan pada *fast waelet transform* (FWT). Sebuah sinyal dekomposisi multiresolusi X berdasarkan pada proses dekomposisi dalam sebuah seri dan detail. Fungsi *wavelet* $\Psi(t)$ berkaitan dengan sebuah fungsi skala $\varphi(t)$ dan koefisien skala a_n^m . Skala dan koefisien waelet pada *scale* m dapat di dapatkan dari koefisien skala pada skala m + 1 menggunakan

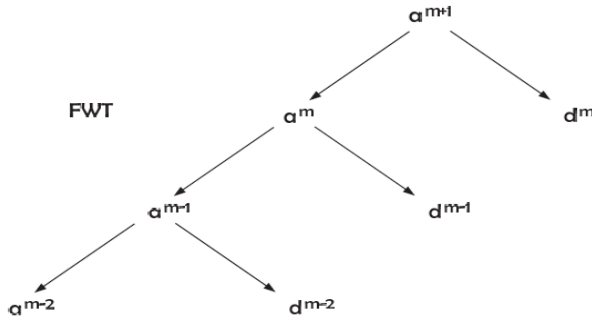
$$a_n^m(t) = \sum_l h[l - 2n]a_l^{m+1} \quad (2.19)$$

$$a_n^m(t) = \sum_l g[l - 2n]a_l^{m+1} \quad (2.20)$$

Dimana $h[n]$ dan $g[n]$ adalah lowpass dan highpass *filter* pada *filter bank* dari persamaan 18. Persamaan 21 dan 22 menunjukkan *fast wavelet transform* (FWT). Sinyal a_n^m dan d_n^m adalah konvolusi dari a_n^{m+1} dengan *filter* $h[n]$ dan $g[n]$ dengan *downsampling* faktornya adalah 2. Kebalikannya, sebuah rekonstruksi dari koefisien skala a_n^{m+1} dapat didapatkan dari sebuah kombinasi dari skala dan koefisien *wavelet*.

$$a_n^{m+1} = \sum_l (h[2l - n]a_l^m + g[2l - n]d_l^m) \quad (2.21)$$

Persamaan diatas menunjuka inverse dari FWT untuk persamaan 13 dan hal ini berkaitan dengan pembentukan *filter bank*. Jumlah real pada algoritma multiresolusi tergantung pada panjang sinyal. Sebuah sinyal dengan 2^k dapat dikomposisi hingga tingkatan $K+1$. Koefisien *low-pass* berfungsi untuk menangkap *trend* dan *high-pass* untuk tetap menjaga fluktuasi dari data.



Gambar 2.12 Struktur 3 tingkat pada *fast wavelet transform* (Baleanu, 2012).

Sifat penting lainnya adalah mengenai energi total dari sinyal, hal ini dapat dilihat pada persamaan 2.22

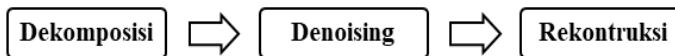
$$\sum_{n=1}^N |x[n]|^2 = \sum_{n=1}^N |a_n^M|^2 + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |d_n^M|^2 \quad (2.22)$$

Hal tersebut dapat disebut sebagai *Parseval's relation* dalam *wavelet* dimana energi sinyal dapat dihitung dalam bentuk resolusi yang berbeda.

Salah satu aplikasi pertama dari DWT adalah proses *denoising*, yaitu proses untuk menghilangkan bagian dari sinyal yang dianggap sebagai *noise* yang didapatkan dari lingkungan. Metode *Wavelet Denoising* baru digunakan pada sinyal satu dan dua dimensi setelah adanya metode *thresholding* pada tahun 1994. Sinyal terkadang satu dimensi seperti sinyal power dan kontrol atau yang lebih rumit seperti gambar pada dunia kesehatan. *Wavelet denoising* telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dalam bidang sinyal dan *image processing* (Baleanu, 2012).

2.14 Wavelet Denoising

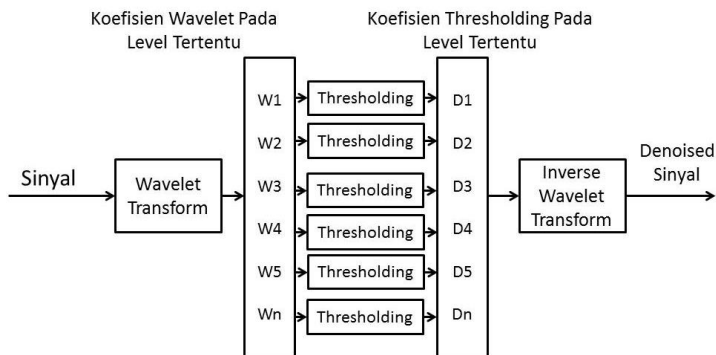
Ada 3 proses dasar dalam proses Signal Denoising menggunakan *Wavelet Transform* yaitu Proses Dekomposisi, Proses *Denoising* dan Proses Rekontruksi. Proses Dekomposisi adalah proses merubah sinyal menggunakan metode *wavelet transform* menjadi domain *time-frekuensi*. Proses *denoising* diawali dengan menganalisa sifat dari sinyal, *noise* yang mengganggu sinyal dan beberapa parameter lainnya yang kemudian dengan metode tertentu berdasarkan sifat dari sinyal yang ingin dianalisa kemudian dicari nilai koefisien dari sinyal sehingga dapat merepresentasikan sifat sinyal sebaik mungkin.



Gambar 2.13 Proses signal denoising (Alaa A Jaber, 2015)

Salah satu kelebihan dari *transformasi wavelet* adalah mampu merepresentasikan sinyal secara luas dan efektif hanya dari beberapa koefisien. Koefisien mengenai informasi dari sinyal selanjutnya akan dianalisa untuk menghilangkan koefisien yang berkaitan dengan *noise* pada sinyal dengan menggunakan metode *Thresholding*. *Thresholding* diterapkan pada koefisien sinyal untuk menjaga atau menghilangkan sinyal yang diinginkan. terdapat 2 metode *Thresholding* yaitu *Hard thresholding* dan *Soft Thresholding*.

Proses Rekontruksi dilakukan dengan menggunakan *inverse wavelet transform*. *Transformasi Wavelet* memiliki keunikan dan kelengkapan yaitu sinyal yang telah dianalisa dari skala tertentu dapat secara lengkap direkontruksi dari Koefisien sinyal. Vektor *Threshold* dari data kemudian di rekontruksi berdasarkan pada tahap sintesis (Christophe Dolabjian, 2001) (Alaa A Jaber, 2015). Diagram mengenai proses denoising sinyal menggunakan *wavelet transform* lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.14 Signal denoising menggunakan *wavelet transform* (Alaa A Jaber, 2015)

2.15 *Buoyweather station type II*

Buoyweather station type II merupakan wahana apung yang berguna sebagai stasiun cuaca dilaut yang terdiri dari beberapa sistem diantaranya adalah sistem akusisi data, sistem catu daya dan sistem transmisi data yang saling berkaitan satu sama lain. Gambar 2.16 merupakan *buoyweather station type II* yang telah terpasang seluruh sistemnya dari mulai sensor, catu daya hingga transmisi data.



Gambar 2.15 *Buoyweather station type II*

Sensor pengukuran pada *Buoyweather station type 2* pada penelitian sebelumnya terdiri dari 5 variabel cuaca yaitu suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin dan arah angin, sedangkan pada penelitian ini ditambahkan 5 variabel baru yaitu ketinggian gelombang, kompas, suhu permukaan laut, salinitas air dan curah hujan. Sistem transmisi data mengalami peningkatan dalam segi jarak dengan kemampuan jarak maksimal sejauh 1000 m dari bibir pantai sedangkan sistem catu daya terdiri dari 2 *Photovoltage* dan 2 baterai yang berfungsi sebagai sumber listrik dari komponen yang digunakan.

BAB 3

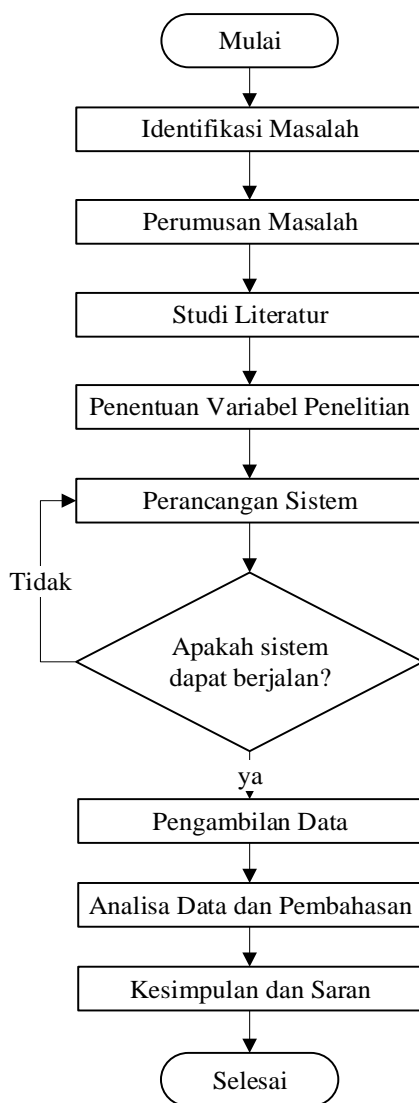
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penulis telah menyusun tahapan penelitian mengenai rekonstruksi sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan *wavelet transform* untuk meningkatkan kinerja *buoyweather station type II*. Tahapan penelitian yang telah dibuat ini digunakan sebagai acuan dan gambaran umum mengenai bagaimana penelitian ini dilakukan dan langkah-langkah apa saja yang dilakukan dalam proses penelitian ini. Pengambilan topik tugas akhir ini berawal dari identifikasi masalah, yaitu proses melihat dan mengangkat masalah yang perlu diselesaikan, serta menentukan apakah masalah tersebut dapat dijadikan penelitian atau tidak.

Tahapan perumusan masalah dilakukan berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa permasalahan pada teknologi *buoyweather station type II* adalah metode integrasi sistem akuisisi data yang masih belum sempurna. Setelah itu dilakukan studi literatur, yaitu pada tahap ini dilakukan studi terhadap beberapa literatur dari referensi *text book*, *manual book*, ataupun jurnal-jurnal ilmiah yang memuat materi-materi berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Penentuan Variabel Penelitian dilakukan dengan cara melakukan studi kembali mengenai variabel-variabel yang telah dan akan di integrasikan dalam sistem *buoyweather type II*, berikutnya adalah proses rekonstruksi sistem akuisisi data dimana merupakan proses utama dalam penelitian ini yang akan dijelaskan lebih rinci pada sub bab selanjutnya. Pengambilan data dilakukan Setelah Sistem dapat berjalan dengan sesuai. Data yang akan diambil yaitu nilai tiap variabel penelitian sebelum dan sesudah dilakukan proses kalibrasi dan *filter*, serta data uji dinamis.

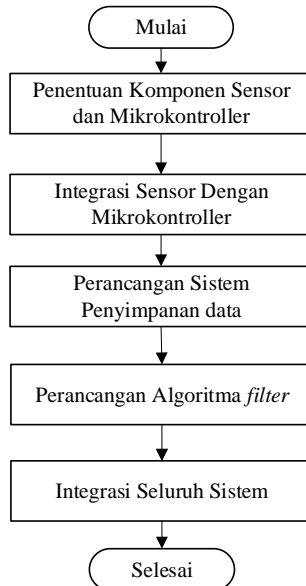


Gambar 3. 1 Tahapan penelitian

Data yang telah didapatkan melalui proses pengambilan data, kemudian dianalisa dan dilihat perbandingannya untuk mengetahui perubahan dan peningkatan kinerja pada sistem *buoyweather station*. Kesimpulan adalah langkah terakhir dalam melakukan penelitian tugas akhir Pembuatan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil analisa dan pengujian. Kesimpulan ini disusun sesuai dengan tujuan penelitian untuk menjawab permasalahan penelitian.

3.2 Rekonstruksi Sistem Akuisisi Data

Rekonstruksi sistem akuisisi data pada penelitian ini menambahkan 2 sensor pengukuran yaitu kompas dan ketinggian gelombang, serta penambahan media penyimpanan data pada *buoy* sebagai data *base* di laut dan penambahan *filter* sinyal menggunakan metode *wavelet transform* untuk mereduksi *noise*.

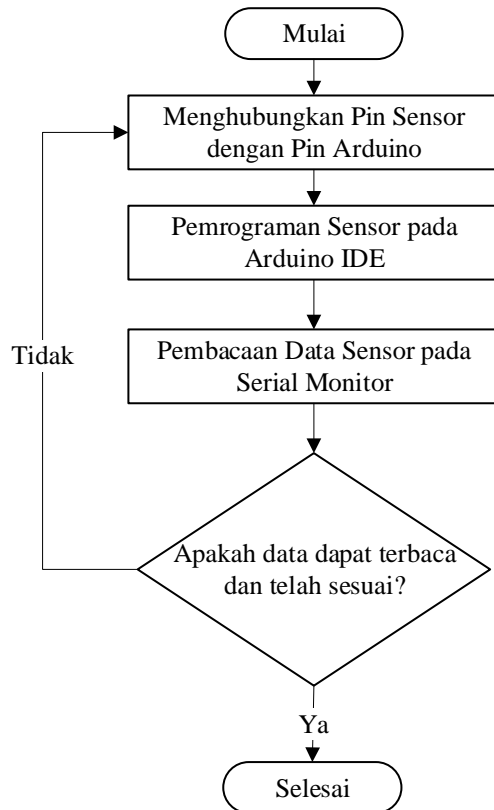


Gambar 3.2 Tahapan perancangan sistem

Rekonstruksi sistem akuisisi data pada penelitian ini di bagi berdasarkan komponen sensor, pengambilan dan penyimpanan data, serta Algoritma *Filter wavelet Denoising*. Perancangan komponen sensor dilakukan untuk mengintegrasikan setiap sensor dengan mikrokontroller agar dapat memberikan besaran fisis yang di ukur. Perancangan pengambilan dan penyimpanan dilakukan agar data yang telah didapatkan dapat diambil dan disimpan untuk bisa diolah. Perancangan Algoritma *filter wavelet transform* dilakukan sebagai pengolahan data yang berfungsi untuk meningkatkan performa kinerja pada *buoyweather station type II*. Setelah itu selanjutnya dilakukan proses integrasi seluruh komponen dalam sistem akuisisi data agar seluruh sistem mampu beroperasi sesuai yang di inginkan. Penjelasan masing-masing blok perancangan sistem akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

3.3 Perancangan Sensor dan Integrasi Dengan mikrokontroller

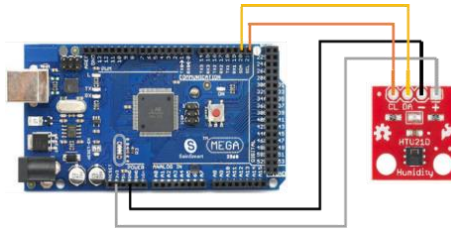
Secara umum perancangan semua sensor dengan mikrokontroller ditunjukan pada Gambar 3.3. Pin Sensor dihubungkan ke mikrokontroller sesuai dengan pin yang digunakan berdasarkan pada data sheet sensor. Setelah semua pin terhubung selanjutnya dilakukan proses pemrograman agar sensor yang digunakan dapat terhubung dengan mikrokontroller sesuai dengan fungsinya dan setelah dilakukan pemrograman selanjutnya adalah mengecek hasil pembacaan sensor pada serial monitor Arduino IDE. Apabila terjadi eror atau pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program sensor yang terhubung ke mikrokontroller.



Gambar 3.3 Tahapan perancangan sensor dan integrasi dengan mikrokontroller

a. Perancangan Sensor Suhu dan Kelembaban

Pengukuran variabel suhu dan kelembaban dilakukan menggunakan sensor HTU21D. HTU21D menggunakan rangkaian i2c yang menghubungkan pin SDA, SCL, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroller ATmega 2560. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.4

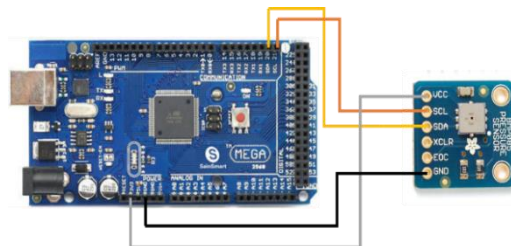


Gambar 3.4 Wiring sensor suhu dan kelembaban

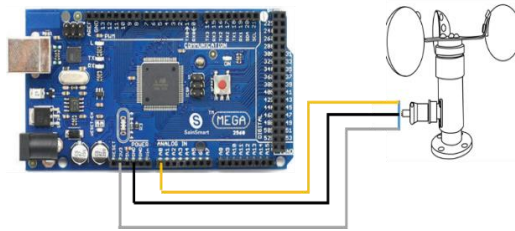
Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian sensor HTU21D terhadap Arduino ATmega yang digunakan dalam penelitian ini. Pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt, pin GND dengan pin GND, pin SDA dengan SDA/20 dan pin SCL dengan pin SCL/21.

b. Perancangan Sensor Tekanan

Pengukuran variabel tekanan udara dilakukan menggunakan sensor BMP085. BMP085 menggunakan rangkaian i2c yang menghubungkan pin SDA,SCL,VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroler ATmega 2560. Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian sensor BMP085 terhadap Arduino ATmega yang digunakan dalam penelitian ini. Pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt, pin GND dengan pin GND, pin SDA dengan SDA/20 dan pin SCL dengan pin SCL/21.



Gambar 3.5 Wiring sensor tekanan



Gambar 3.6 Wiring sensor kecepatan angin

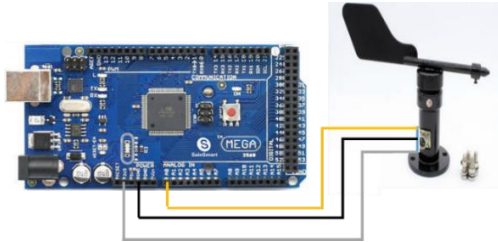
c. Perancangan Sensor Kecepatan Angin

Pengukuran variabel kecepatan angin dilakukan menggunakan Windvane JL-FS2. JL-FS2 menggunakan rangkaian yang menghubungkan pin Analog, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroler ATmega 2560. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.6

Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian sensor JL-FS2 terhadap Arduino ATmega yang digunakan dalam penelitian ini. pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt pada Arduino ATmega, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino ATmega, pin Analog dihubungkan pada pin A0. Sensor JL-FS2 memerlukan input power sebesar 9-12 V agar bisa beroperasi dengan baik.

d. Perancangan Sensor Arah Angin

Pengukuran variabel kecepatan angin dilakukan menggunakan Winddirection EQ-FST202. EQ-FST202 menggunakan rangkaian analog yang menghubungkan pin Analog, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroler ATmega 2560. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.7. Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian sensor EQ-FST202 terhadap Arduino ATmega. pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt, pin GND dengan pin GND pada, pin Analog pada pin A0. Sensor JL-FS2 memerlukan input power sebesar 9-12 V agar bisa beroperasi dengan baik.

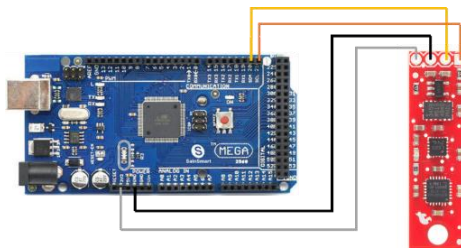


Gambar 3.7 Wiring sensor arah angin

e. Perancangan Sensor Ketinggian Gelombang dan Kompas

Pengukuran variabel Ketinggian Gelombang dan Kompas dilakukan menggunakan sensor IMU9DOF. IMU9DOF menggunakan rangkaian i2c yang menghubungkan pin SDA,SCL,VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroller ATmega 2560. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.8.

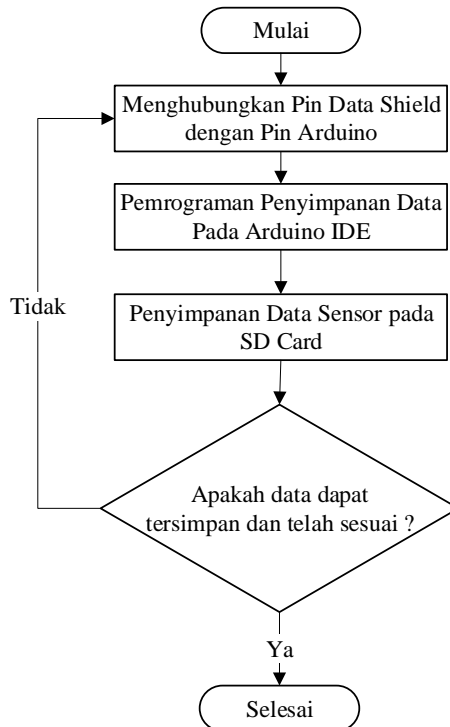
Gambar 3.8 menunjukkan rangkaian sensor IMU9DOF terhadap Arduino ATmega yang digunakan dalam penelitian ini. pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt pada Arduino ATmega, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino ATmega, pin SDA dihubungkan pada pin SDA/20 dan pin SCL dihubungkan pada pin SCL/21.



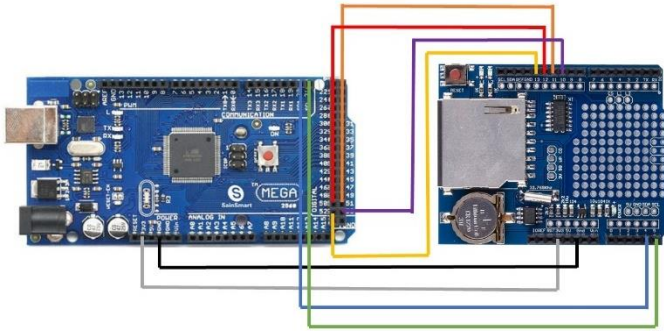
Gambar 3.8 Wiring sensor ketinggian gelombang dan kompas

3.4 Perancangan media penyimpanan data

Secara umum perancangan media pengambilan data dengan mikrokontroller ditunjukkan pada Gambar 3.9 Pin *data shield* dihubungkan ke mikrokontroller sesuai dengan pin yang digunakan berdasarkan pada *data sheet* media pengambilan data. Setelah semua pin terhubung selanjutnya dilakukan proses pemrograman agar media yang digunakan dapat terhubung dengan mikrokontroller sesuai dengan fungsinya. Setelah dilakukan pemrograman selanjutnya adalah mengecek hasil pengambilan dan penyimpanan data pada serial monitor Arduino dan SD card.



Gambar 3. 9 Perancangan media pengambilan data



Gambar 3.10 Wiring media penyimpanan data

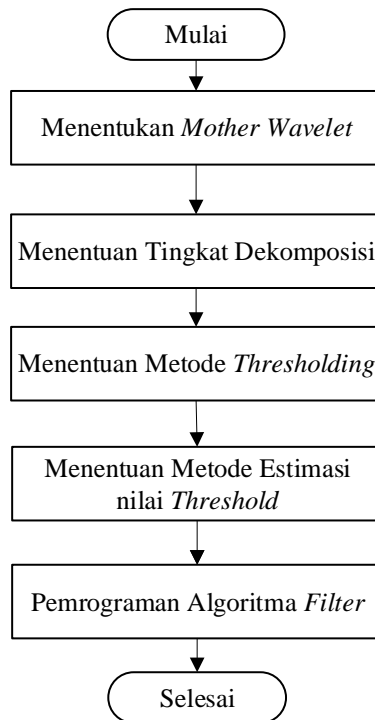
Apabila terjadi eror atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program media penyimpanan data yang terhubung ke mikrokontroller. Pengambilan dan penyimpanan data pada arduino Data Shield menggunakan rangkaian i2c yang menghubungkan pin SDA, SCL, VCC, GND, SS, MOSI, MISO, SCLK pada sensor menuju mikrokontroller Arduino mega 2560. Delapan pin dihubungkan seperti Gambar 3.10. Gambar 3.10 menunjukkan rangkaian Arduino Data Shield terhadap Arduino ATmega yang digunakan dalam penelitian ini. pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt pada Arduino ATmega, pin GND dihubungkan dengan pin GND, pin SDA pada pin SDA/20, pin SCL pada pin SCL/21, pin 10 dengan 53 pada Arduino ATmega, pin 11 dengan 51, pin 12 dengan 50 dan pin 13.

3.5 Perancangan Algoritma *Filter Wavelet Transform*

Wavelet transform digunakan untuk menghilangkan efek *noise* (error) pada pembacaan sensor yang diakibatkan oleh *white noise* agar mendapatkan data yang lebih baik. Algoritma *wavelet* denoising dibuat dengan software

matlab menggunakan m-file. Secara umum proses perancangan *filter* ditunjukkan pada Gambar 3.11.

Proses filter diawali dengan mengubah sinyal menggunakan *wavelet transform* untuk membagi sinyal pada level tertentu, lalu pada masing-masing level dilakukan reduksi sinyal, lalu selanjutnya sinyal kembali digabungkan menggunakan metode *inverse wavelet transform*. Metode *Wavelet* denoising berdasar pada prinsip analisis multiresolution. Koefisien diskrit mengenai informasi utama dan tambahan dapat di dapatkan melalui sebuah proses dekomposisi *wavelet* multi-level.

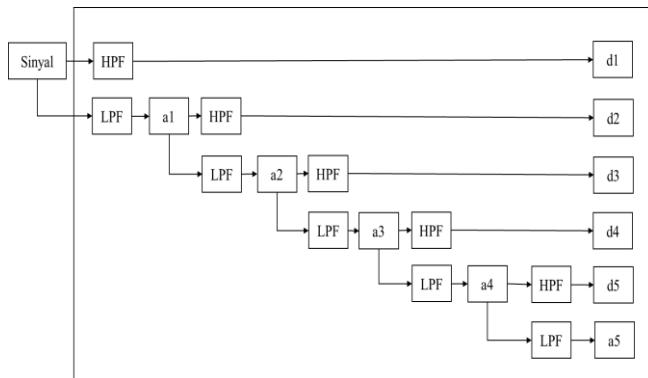


Gambar 3.11 Tahapan perancangan algoritma *filter*

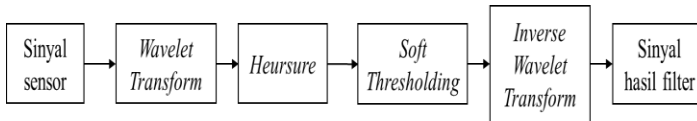
Tahap pertama dalam perancangan algoritma *filter* adalah menentukan jenis *mother wavelet* yang digunakan, *mother wavelet* berfungsi untuk mengkonversi data menjadi koefisien dan menganalisa setiap koefisien pada resolusi yang sesuai terhadap skalanya. Pada penelitian ini akan menggunakan *mother wavelet* yaitu *Daubechies*.

Proses selanjutnya adalah menentukan Tingkat dekomposisi yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam proses *denoising* sinyal menggunakan *wavelet transform*. Tingkat dekomposisi yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 5 (Ergen, 2013).

Proses selanjutnya setelah menentukan tingkat dekomposisi adalah menentukan rule dan metode *thresholding* yang berfungsi untuk memfilter koefisien sinyal agar dapat mengurangi *noise* seperti pada Gambar 3.13. Pada penelitian ini digunakan proses rule *thresholding* menggunakan metode *Heursure* yang merupakan gabungan dari metod *Rigrisure* dan *fixthresholding*. Dan metode *thresholding* menggunakan *soft thresholding*. Gambar 3.13 menunjukkan proses filter sinyal menggunakan algoritma yang telah di rancang.



Gambar 3.12 Proses dekomposisi sinyal 5 tingkat.



Gambar 3.13 Proses *filter* sinyal tahap pertama

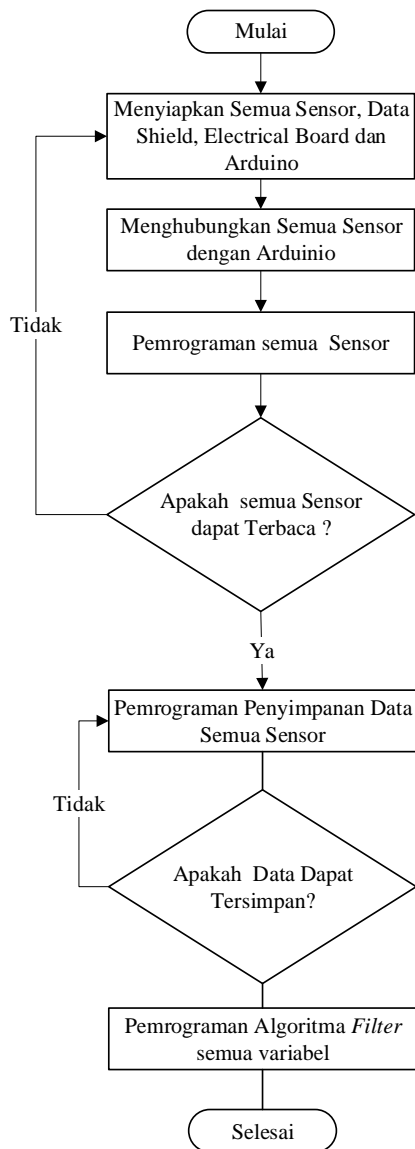
Sinyal dari sensor dirubah menggunakan *wavelet transform* selanjutnya dihitung nilai *noisenya* menggunakan metode *heursure*. *Noise* selanjutnya di reduksi menggunakan metode *soft thresholding*, setelah *noise* di reduksi sinyal kembali direkonstruksi menggunakan *inverse wavelet transform* untuk menghasilkan sinyal yang sudah mengalami penurunan nilai *noise* yang merupakan sinyal hasil filter.

3.6 Integrasi Sistem Akuisisi Data

Secara umum integrasi sistem ditunjukan pada Gambar 3.14 Semua Sensor dihubungkan ke mikrokontroller sesuai dengan pin yang digunakan berdasarkan pada rancangan *electrical board*. Setelah semua sensor terhubung selanjutnya dilakukan proses pemrograman agar sensor yang digunakan dapat terhubung dengan mikrokontroller sesuai dengan fungsinya.

Setelah dilakukan pemrograman selanjutnya adalah mengecek hasil pembacaan semua sensor pada serial monitor Arduino IDE. Apabila terjadi eror atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program sensor yang terhubung ke mikrokontroller.

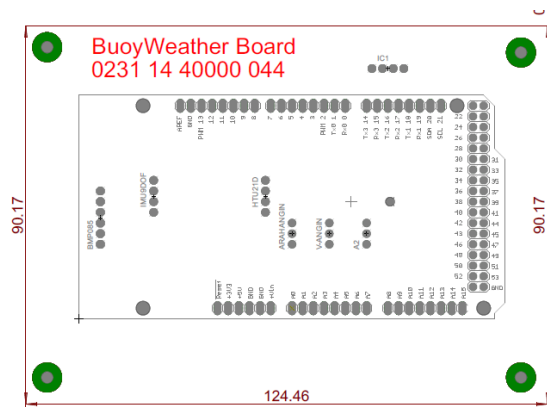
Setelah semua sensor dapat terintegrasi dengan mikrokontroller selanjutnya pengambilan data dengan mikrokontroller, Pin datashield dihubungkan ke mikrokontroller sesuai dengan pin yang digunakan berdasarkan pada rancangan *electrical circuit*. Setelah semua pin terhubung selanjutnya dilakukan proses pemrograman agar media yang digunakan dapat terhubung dengan mikrokontroller dan dapat menyimpan semua data sensor.



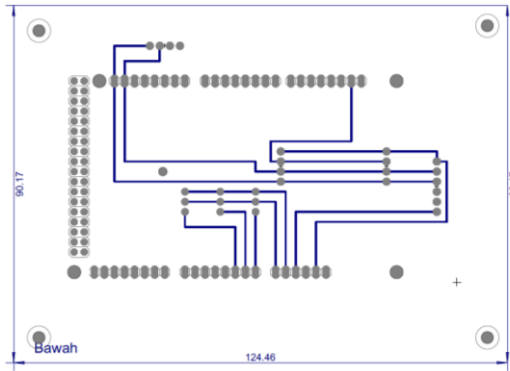
Gambar 3.14 Tahapan integrasi sistem

Setelah dilakukan pemrograman selanjutnya adalah mengecek hasil pengambilan dan penyimpanan data pada serial monitor Arduino IDE. Apabila terjadi eror atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program media penyimpanan data yang terhubung ke mikrokontroller. Setelah itu dilakukan pemrograman algoritma filter pada matlab.m agar bisa digunakan untuk memfilter sinyal hasil pengukuran

Integrasi sistem ini meliputi integrasi semua sensor dengan penyimpanan data, pengiriman data dan pengolahan data. Semua sensor dan datashield ini akan dihubungkan dengan mikrokontroller menggunakan electrical board untuk dapat mengukur dan menyimpan besaran fisis. Electrical board dirancang menggunakan software *EAGLE* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.15 dan Gambar 3.16, serta sensor yang telah terpasang pada *buoyweather station type II* ditunjukkan pada Gambar 3.17. *Board* didesain sesuai dengan sensor serta *data shield* sehingga dapat digunakan secara bersamaan dan mempermudah instalasi seluruh sistem.

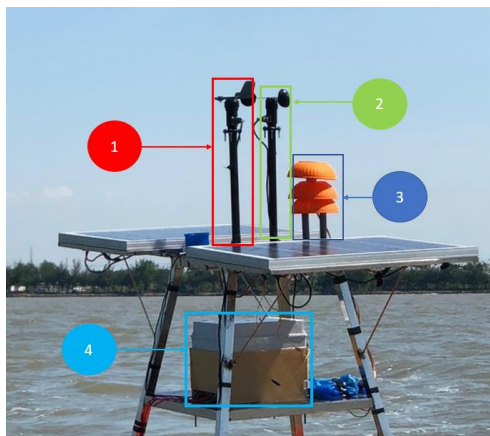


Gambar 3.15 Desain *board* bagian atas



Gambar 3.16 Desain *Board* bagian bawah

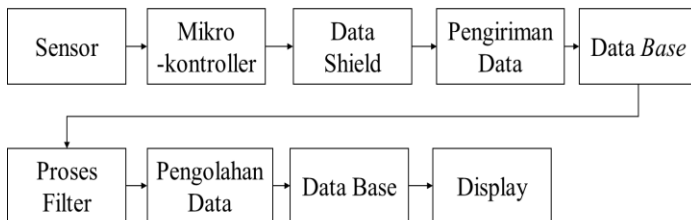
Gambar 3.17 no 1 menunjukkan sensor arah angin, no 2 adalah sensor kecepatan angin, no 3 merupakan rumah sensor yang didalamnya terdapat sensor suhu, kelembaban dan tekanan udara, no 4 merupakan *box* yang berisi *mikrokontroller*, *data shield*, sensor ketinggian gelombang dan sensor kompas.



Gambar 3.17 Sensor yang terpasang pada *buoyweather*

3.7 Diagram Blok Sistem setelah dilakukan rekonstruksi sistem akuisisi data

Hasil dari rekonstruksi sistem akuisisi data adalah sebuah sistem yang mampu membaca, menyimpan, memfilter dan menampilkan variabel cuaca. Pada penelitian sebelumnya sistem akuisisi data terdiri dari 5 sensor yaitu sensor suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin tanpa memiliki *data shield* untuk menyimpan data di *buoy*. Sistem hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dimulai dengan pembacaan variabel cuaca pada sensor yang terdiri dari sensor suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, arah angin ditambah dengan sensor ketinggian gelombang dan kompas, setelah itu selanjutnya data diolah pada mikrokontroller dan disimpan pada *data shield*. Data yang tersimpan selanjutnya dikirimkan secara *wireless* menuju stasiun darat menggunakan sinyal radio yang selanjutnya akan masuk kedalam data *base*. Data yang tersimpan pada data base selanjutnya akan difilter menggunakan algoritma *wavelet transform* secara satu persatu secara serial. Data hasil filter akan diolah sesuai kebutuhan cuaca, dalam jangka 1 jam, 6 jam, 12 jam dan seterusnya sesuai siklus cuaca sehingga bisa ditampilkan pada display. Diagram blok hasil rekonstruksi sistem akuisisi data ditunjukkan pada Gambar 3.18.

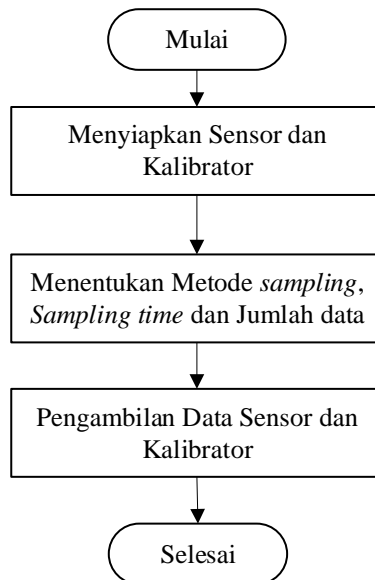


Gambar 3. 18 Diagram blok sistem

3.8 Pengambilan data sensor dan kalibrator

Secara umum proses pengambilan data sensor dan kalibrator variabel fisis dengan mikrokontroller ditunjukkan pada Gambar 3.19 sensor dan kalibrator variabel fisis serta pemrograman disiapkan dalam keadaan untuk mengambil data, setelah itu menentukan metode sampling, sampling time dan jumlah data yang akan diambil.

Selanjutnya adalah proses pengambilan dan penyimpanan data sesuai metode sampling, sampling time dan jumlah data yang telah ditentukan, Apabila terjadi error atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program sensor dan media penyimpanan data yang terhubung ke mikrokontroller.



Gambar 3.19 Tahap pengambilan data dan kalibrasi

a. Pengambilan data sensor dan kalibrator suhu

Pengujian sistem akuisisi data suhu dilakukan dengan cara menggunakan suhu tetap berdasarkan waktu (pagi, siang, sore, malam). Pada pengujian suhu udara digunakan thermometer digital dengan seri TM-902 C (tipe K) sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator suhu adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor HTU21D dan TM-902 C sebagai kalibrator disiapkan
3. Suhu diukur menggunakan HTU21D dan TM-902 C.
4. Setelah sistem menyala, sistem didiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 5 detik.
6. Suhu yang terbaca oleh HTU21D dan TM-902 C disimpan.

b. Pengambilan data sensor dan kalibrator Kelembaban

Pengujian sistem akuisisi data Kelembaban dilakukan dengan cara menggunakan kelembaban tetap berdasarkan waktu (pagi, siang, sore, malam). Pada pengujian kelembaban udara digunakan hygrometer digital dengan seri KW0600291 sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator kelembaban adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor HTU21D dan hygrometer sebagai kalibrator disiapkan
3. Kelembaban udara diukur menggunakan HTU21D dan hygrometer.
4. Setelah sistem menyala, sistem didiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 5 detik.

6. Kelembaban udara yang terbaca oleh HTU21D dan TM-902 C disimpan.

- c. Pengambilan data sensor dan kalibrator tekanan

Pengujian sistem akuisisi data Tekanan dilakukan dengan cara menggunakan Tekanan udara tetap berdasarkan waktu (pagi, siang, sore, malam). Pada pengujian tekanan udara digunakan barometer digital sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator tekanan udara adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor BMP085 dan barometer sebagai kalibrator disiapkan
3. Kelembaban udara diukur menggunakan BMP085 dan barometer.
4. Setelah sistem menyala, sistem dидiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 5 detik.
6. Tekanan udara yang terbaca oleh BMP085 dan barometer disimpan.

- d. Pengambilan data sensor dan kalibrator Kecepatan Angin

Pengujian sistem akuisisi data kecepatan angin dilakukan dengan cara menggunakan variasi kecepatan udara yang berasal dari pembangkit angin menggunakan windtunnel seri armfield yang ditunjukkan pada Gambar 3.23. Pada pengujian kecepatan udara digunakan anemometer digital seri AM-4200 sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator kecepatan udara adalah sebagai berikut

1. Windvane JL-FS2, AM-4200 sebagai kalibrator disiapkan
2. Windtunnel Disiapkan

3. Tentukan frekuensi windtunnel untuk kecepatan angin 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Km/jam dengan cara mengukur kecepatan angina menggunakan AM-4200.
4. Windvane dimasukan kedalam windtunnel.
5. Windvane diukur kecepatannya berdasarkan frekuensi windtunnel untuk kecepatan angin 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Km/jam.
6. Pengambilan data sebanyak 10 data dalam interval 1 detik untuk setiap kecepatan.
7. Tekanan udara yang terbaca oleh Windvane disimpan.

e. Kalibrasi Sensor Arah Angin

Pengujian sistem akuisisi data Arah angin dilakukan dengan cara menggunakan variasi Arah angin menggunakan Kompas prisma sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator arah angin adalah sebagai berikut

1. *Winddirection* EQ-FST202 dan Kompas prisma sebagai kalibrator disiapkan
2. Kertas, papan dan busur disiapkan.
3. Papan lingkaran disiapkan menggunakan kompas, kertas, papan dan busur dengan skala 10 derajat.
4. Arah angin diukur pada sudut 0-360 dengan interval 22.5 derajat.
5. Pengambilan data sebanyak 10 data dalam interval 1 detik untuk setiap arah.
6. Arah angin yang terbaca oleh *Winddirection* disimpan.

f. Pengambilan data sensor dan kalibrator Ketinggian Gelombang

Pengujian sistem akuisisi data Ketinggian gelombang dilakukan dengan cara menggunakan variasi simpangan menggunakan sistem pegas yang terdapat pada lab vibrastic ITS sebagai pembacaan standarnya. Langkah

pengambilan data sensor dan kalibrator adalah sebagai berikut

1. IMU9DOF dan sistem pegas sebagai kalibrator disiapkan.
2. Penggaris disiapkan.
3. Simpangan diukur pada simpangan 1,2,3,4,5,6 cm
4. Pengambilan data sebanyak 60 detik dalam interval 0.065 detik untuk setiap simpangan.
5. Simpangan yang terbaca oleh IMU9DOF disimpan.

Serta menggunakan sistem *wavemaker* untuk kalibrasi ketinggian model *buoyweather*.

1. IMU9DOF dan sistem *wavemaker* sebagai kalibrator disiapkan.
2. Tentukan tegangan motor servo untuk ketinggian gelombang 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13 mm dengan cara mengatur tegangan menggunakan potentio.
3. Pengambilan data sebanyak 60 detik dalam interval 0.065 detik untuk setiap simpangan.
4. Simpangan yang terbaca oleh IMU9DOF disimpan.

- g. Pengambilan data sensor dan kalibrator sensor kompas Digital

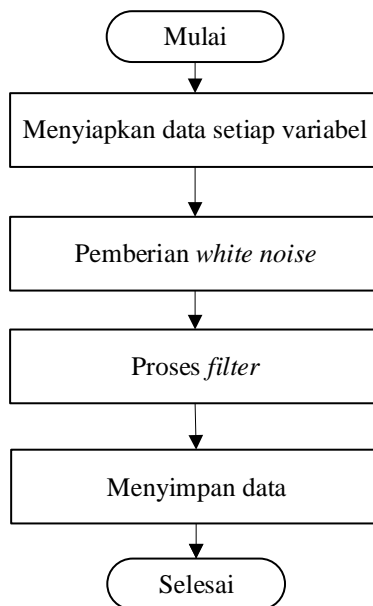
Pengujian sistem akuisisi data Arah angin dilakukan dengan cara menggunakan variasi Arah angin menggunakan Kompas prisma sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengambilan data sensor dan kalibrator arah angin adalah sebagai berikut

1. IMU9DOF dan Kompas prisma sebagai kalibrator disiapkan
2. Kertas, papan dan busur disiapkan.
3. Papan lingkaran disiapkan menggunakan kompas, kertas, papan dan busur dengan skala 10 derajat.
4. Arah angin diukur pada sudut 0- 360 dengan interval 10 derajat.

5. Pengambilan data sebanyak 10 data dalam interval 1 detik untuk setiap arah.
6. Arah angin yang terbaca oleh IMU9DOF disimpan.

3.9 Pengambilan data hasil filter

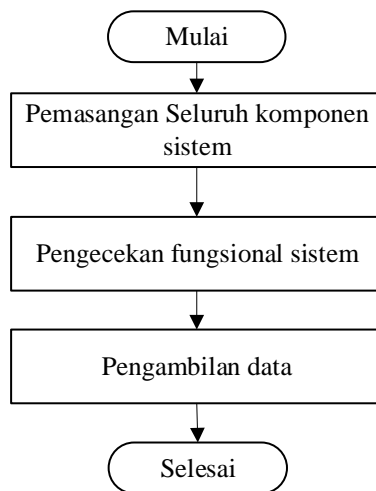
Pengambilan data hasil filter diawali dengan menyiapkan setiap data hasil pengukuran, lalu setiap data hasil pengukuran di beri *noise* dengan amplitude sesuai dengan besar range pengukurannya masing-masing kemudian sinyal yang telah tercampur dengan *noise* difilter menggunakan *wavelet transform*, lalu data tersebut disimpan untuk selanjutnya dianalisa. Secara umum proses pengambilan data hasil filter ditunjukkan pada Gambar 3.20



Gambar 3. 20 Proses pengambilan data hasil *filter*

3.10 Pengambilan Data uji Dinamis

Pengambilan data uji dinamis dilakukan dipantai kenjeran Surabaya. Proses diawali dengan pemasangan seluruh komponen sistem pada *buoy* dari mulai sensor, mikrokontroller dan *data shield*. Pengecekan fungsional sistem dilakukan untuk memastikan semua komponen sudah berjalan sesuai dengan fungsinya, setelah sistem dapat berfungsi maka dilakukan pengambilan data. Pengujian dilakukan dipantai kenjeran Surabaya dengan jarak 5 – 1000 m dari bibir pantai. Uji dinamis dilakukan untuk menilai kinerja sistem secara keseluruhan, data yang diambil pada uji dinamis berupa data sensor, penyimpanan data dan keandalan sistem. Uji keandalan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang sudah mampu dan sesuai dengan medan sesungguhnya pada penelitian ini laut merupakan medan yang sesungguhnya dimana dilaut terdapat banyak faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja sensor.



Gambar 3. 21 Proses pengambilan data uji dinamis

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Setelah dilakukan perancangan sistem selanjutnya dilakukan analisa data dan pembahasan mengenai data hasil pengujian sensor dan kalibrasi serta dibandingkan dengan data setelah dilakukan *filter* menggunakan algoritma *wavelet denoising* terhadap sinyal sensor. Sehingga dapat diketahui bagaimana perbandingan performansi dari sensor-sensor sebelum dan setelah dilakukan *filter*.

4.1.1 Data Sensor dan Kalibrasi

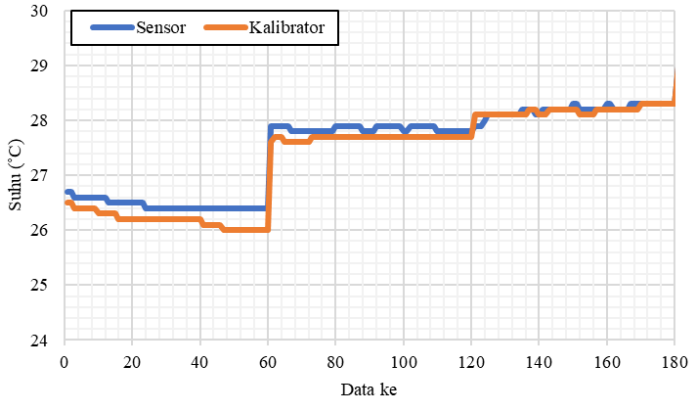
Pada sub bab ini disajikan data-data pengujian setiap sensor dibandingkan dengan kalibrator. Sensor-sensor tersebut terdiri dari sensor suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, arah angin, ketinggian gelombang dan kompas. Hasil pengujian akan dicari nilai karakteristik static berupa eror rata-rata, standar deviasi eror, standar eror, eror akurasi dan ketidakpastian akurasi dari masing-masing sensor.

a. Suhu

Pengujian sensor suhu yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 300 data.

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor dan kalibrator suhu

Data ke	Sensor (° C)	Kalibrator (° C)
1	26.7	26.5
2	26.7	26.5
3	26.6	26.4
4	26.6	26.4
5	26.6	26.4
Eror rata-rata		0.01
Eror Akurasi		0.52
Ketidakpastian		0.01
% Eror		0.70 %



Gambar 4. 1 Hasil uji sensor dan kalibrator suhu

Tabel 4.1 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A). pada pengujian tersebut diperoleh error pembacaan rata-rata sebesar 0.01°C , error akurasi 0.52°C dan %error 0.70%. Gambar 4.1 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 180 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator, pada Gambar 4.1 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai error rata-ratanya adalah 0.01°C .

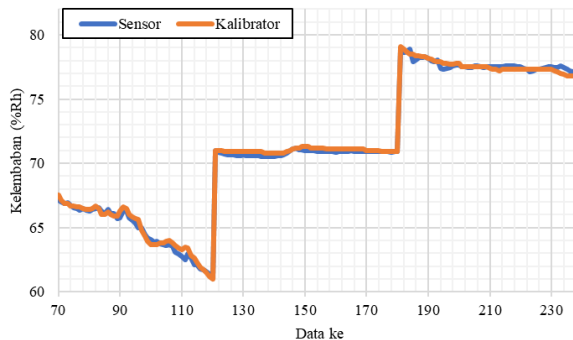
b. Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban udara yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 360 data, Tabel 4.2 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A). pada pengujian tersebut diperoleh error pembacaan rata-rata sebesar 0.01 %Rh, error akurasi 1.03 %Rh dan % error 0.39%.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian sensor dan kalibrator kelembaban

Data ke	Sensor (%Rh)	Kalibrator (%Rh)
1	46.05	46.1
2	46.08	46.1
3	46	46.1
4	45.92	45.9
5	45.89	45.9
Eror rata-rata		0.08
Standar Deviasi Eror		0.26
Standar Error		0.03
Eror Akurasi		1.03
Ketidakpastian		0.03
% Eror		0.39%

Gambar 4.2 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 70 hingga 240 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator, pada Gambar 4.2 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai eror rata-ratanya adalah 0.03 %Rh.



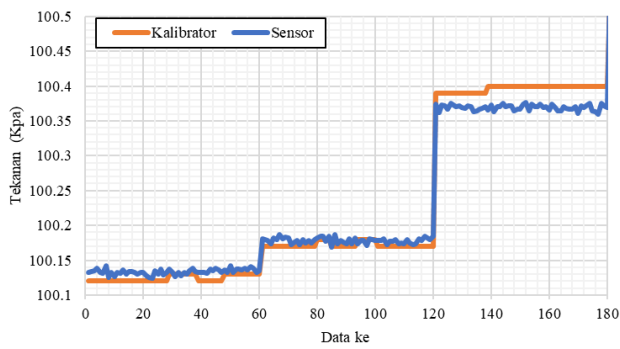
Gambar 4. 2 Hasil uji sensor dan kalibrator kelembaban

Tabel 4. 3 Hasil pengujian sensor dan kalibrator tekanan

Data ke	Sensor(KPa)	Kalibrator(KPa)
1	100.13	100.12
2	100.13	100.12
3	100.14	100.12
4	100.14	100.12
5	100.13	100.12
Eror rata-rata		-0.0004
Standar Deviasi Eror		0.0175
Standar Eror		0.0011
Eror Akurasi		0.0354
Ketidakpastian		0.0011
% Eror		0.01%

c. Tekanan udara

Pengujian sensor tekanan yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 240 data, disajikan pada Tabel 4.3. Tabel 4.3 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A). pada pengujian tersebut diperoleh eror pembacaan rata-rata sebesar -00004 KPa, eror akurasi 0.354 KPa dan % Eror 0.01%.



Gambar 4. 3 Hasil uji sensor dan kalibrator tekanan

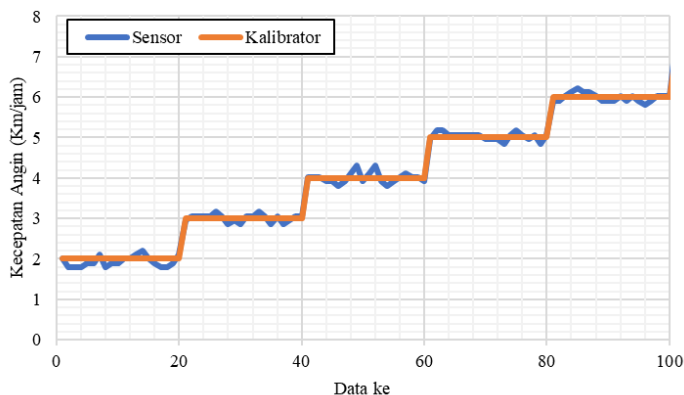
Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 180 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai eror rata-ratanya adalah -0.0004 Kpa

d. Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 180 data, disajikan pada Tabel 4.4. Tabel 4.4 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A). pada pengujian tersebut diperoleh eror pembacaan rata-rata sebesar 0.01 Km/jam, eror akurasi 0.27 Km/jam dan % eror 2.25%. Gambar 4.4 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 100 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator

Tabel 4. 4 Hasil pengujian sensor dan kalibrator kecepatan angin

Data ke	Sensor(Km/jam)	Kalibrator(Km/jam)
1	2.01	2
2	1.79	2
3	1.79	2
4	1.79	2
5	1.9	2
Erar rata-rata		0.01
Standar Deviasi Eror		0.26
Standar Eror		0.01
Erar Akurasi		0.27
Ketidakpastian		0.01
% Eror		2.25



Gambar 4. 4 Hasil uji sensor dan kalibrator kecepatan angin

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai error rata-ratanya adalah 0.27 Km/jam.

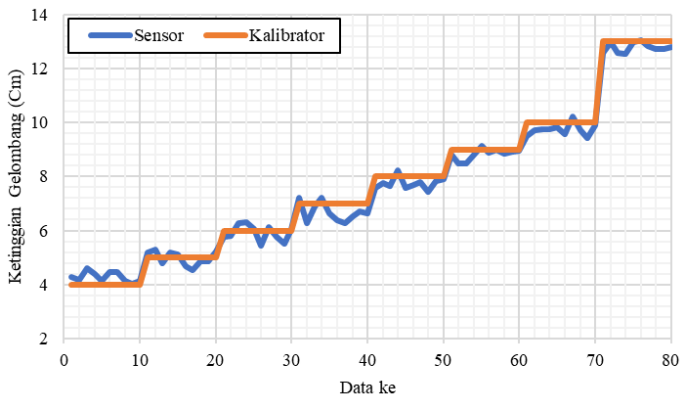
Tabel 4. 5 Hasil pengujian sensor dan kalibrator ketinggian gelombang

Data ke	Sensor (Cm)	Kalibrator(Cm)
1	4.28	4
2	4.17	4
3	4.60	4
4	4.39	4
5	4.14	4
Error rata-rata		0.14
Standar Deviasi Error		0.33
Standar Error		0.04
Error Akurasi		0.68
Ketidakpastian		0.03
% Error		4.08%

f. Ketinggian Gelombang

Pengujian sensor Ketinggian Gelombang yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 60 data, disajikan pada Tabel 4.5. Tabel 4.5 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran B). pada pengujian tersebut diperoleh eror pembacaan rata-rata sebesar 0.14 cm, eror akurasi 0.68 cm, standar eror 0.04, ketidakpastian 0.03, standar deviasi eror 0.33, % eror 4.08%.

Gambar 4.5 menunjukan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 80 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai eror rata-ratanya adalah 0.14 cm, hal ini diakibatkan karena respon dinamis dari bentuk body dari *buoyweather* terhadap gelombang laut.



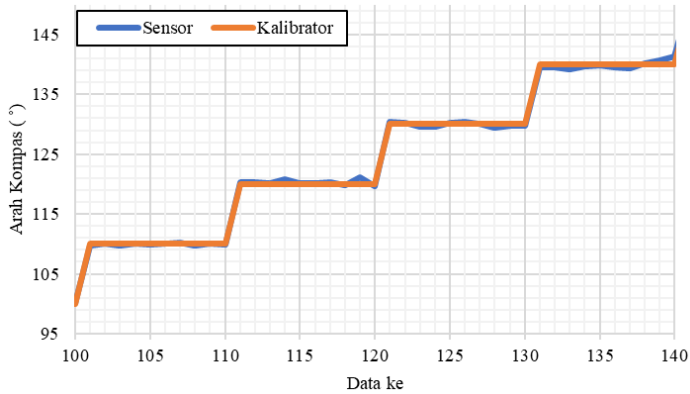
Gambar 4.5 Hasil uji sensor dan kalibrator ketinggian gelombang

g. Kompas

Pengujian sensor kompas yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 360 data, disajikan pada Tabel 4.6. Tabel 4.6 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran B). pada pengujian tersebut diperoleh eror pembacaan rata-rata sebesar 0.08° , eror akurasi 0.80° , % eror 0.31%, standar eror 0.02, ketidakpastian 0.02, dan standar deviasi eror 0.23. Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 180 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator, pada Gambar 4.6 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai eror rata-ratanya adalah 0.08° .

Tabel 4.6 Hasil pengujian sensor dan kalibrator kompas

Data ke	Sensor ($^\circ$)	Kalibrator ($^\circ$)
1	10.13	10
2	10.39	10
3	10.52	10
4	10.01	10
5	10.02	10
Eror rata-rata		0.08
Standar Deviasi Eror		0.26
Standar Eror		0.02
Eror Akurasi		0.80
Ketidakpastian		0.02
% Eror		0.31%



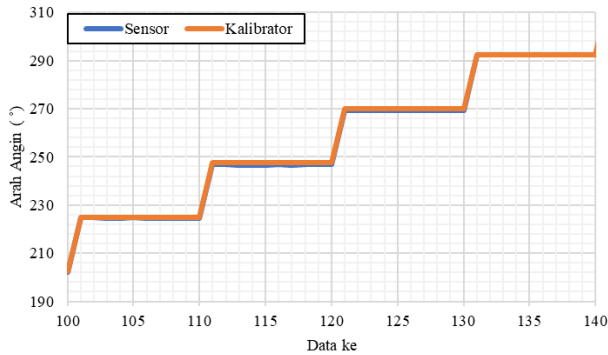
Gambar 4.6 Hasil uji sensor dan kalibrator kompas

h. Arah Angin

Pengujian sensor arah angin yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 160 data, disajikan pada Tabel 4.7. Tabel 4.7 menyajikan cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran B). pada pengujian tersebut diperoleh error pembacaan rata-rata sebesar 0.28° , error akurasi 0.96° dan % Error 0.25%.

Tabel 4.7 Hasil pengujian sensor dan kalibrator arah angin

Data ke	Sensor	Kalibrator
1	0.35	0
2	0.35	0
3	0.35	0
4	0.7	0
Error rata-rata		0.28
Standar Deviasi Error		0.26
Standar Error		0.04
Error Akurasi		0.96
Ketidakpastian		0.03
% Error		0.25%



Gambar 4. 7 Hasil uji sensor dan kalibrator arah angin

Gambar 4.7 menunjukkan perbedaan hasil pembacaan antara sensor dan kalibrator pada data ke 1 hingga 180 dimana warna biru mewakili sinyal sensor dan warna oren mewakili kalibrator, pada Gambar 4.7 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara sensor dan kalibrator dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai eror rata-ratanya adalah 0.28° .

4.1.2 Data Sensor menggunakan *filter Wavelet Transform*

Data dari ketujuh sensor yang dihasilkan dari kalibrasi selanjutnya diberikan *noise* berupa *white noise*, selanjutnya data yang memiliki *noise* di *filter* menggunakan *wavelet transform* untuk mengetahui apakah algoritma *wavelet transform* mampu mereduksi *noise* yang telah di berikan.

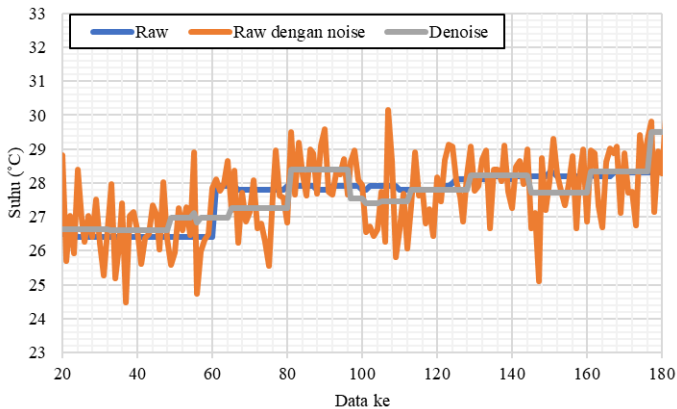
a. Suhu

Tabel 4.8 menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran C). Tabel dengan *header raw* mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, *raw dengan noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE.

Tabel 4.8 Hasil pengujian *wavelet* sensor suhu

No	Raw(° C)	Raw dengan <i>Noise</i> (° C)	<i>Denoise</i> (° C)
1	26.700	25.147	26.624
2	26.700	25.139	26.624
3	26.600	27.472	26.624
4	26.600	26.454	26.624
5	26.600	26.212	26.624
	RMSE	0.985	0.382
	SNR	4.659	37.462
	Penurunan RMSE		0.603
	Kenaikan SNR		32.803

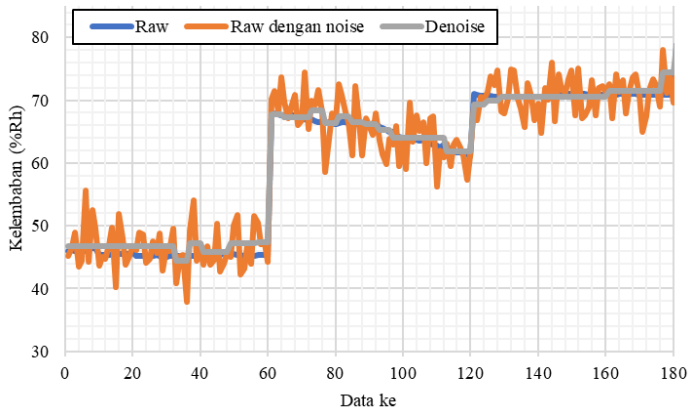
Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.603 ° C dan kenaikan SNR sebesar 32.803. Pada Gambar 4.8 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu.

**Gambar 4.8** Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* sensor suhu

b. Kelembaban

Tabel 4.9 Dibawah menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran C). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 2.115 %Rh dan kenaikan SNR sebesar 32.153.

Pada Gambar 4.9 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu.



Gambar 4.9 Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* sensor Kelembaban

Tabel 4.9 Hasil Pengujian *Wavelet* Sensor Kelembaban

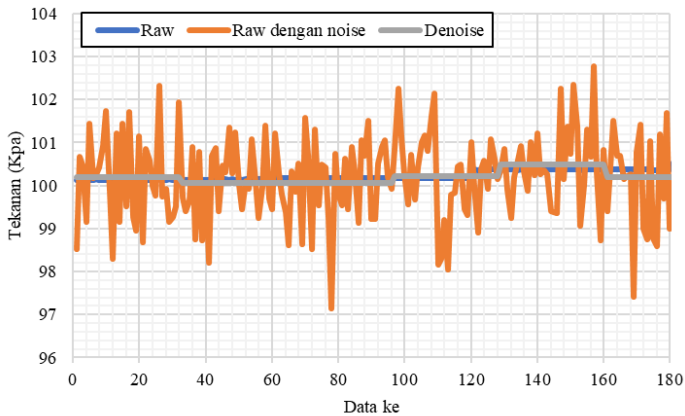
No	Raw(%Rh)	Raw dengan <i>Noise</i> (%Rh)	<i>Denoise</i> (%Rh)
1	46.050	45.204	46.739
2	46.080	46.670	46.739
3	46.000	49.007	46.739
4	45.920	43.420	46.739
5	45.890	44.342	46.739
	RMSE	3.189	1.074
	SNR	4.316	36.469
	Penurunan RMSE		2.115
	Kenaikan SNR		32.153

c. Tekanan

Tabel 4.10. menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran C). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.893 KPa dan kenaikan SNR sebesar 49.523.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian *Wavelet* Sensor Tekanan

No	Raw(KPa)	Raw dengan <i>Noise</i> (KPa)	<i>Denoise</i> (KPa)
1	100.130	98.515	100.188
2	100.130	100.662	100.188
3	100.140	100.465	100.188
4	100.140	99.145	100.188
5	100.130	101.441	100.188
	RMSE	1.062	0.169
	SNR	5.968	55.492
	Penurunan RMSE		0.893
	Kenaikan SNR		49.523



Gambar 4.10 Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* Sensor tekanan

Gambar 4.10 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu. Pada Gambar 4.10 dapat terlihat bahwa sinyal setelah melewati filter dapat mendekati bentuk sinyal aslinya ketika sebelum diberikan *noise*.

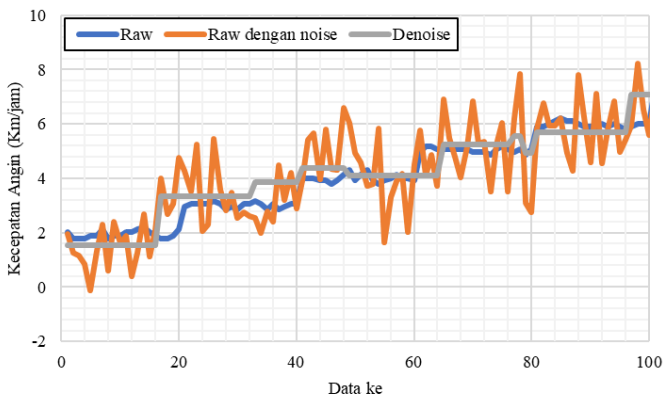
d. Kecepatan Angin

Tabel 4.11 menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran D). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, *header* raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *header* *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.586 Km/Jam dan kenaikan SNR sebesar 20.492.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Wavelet* Sensor Kecepatan Angin

No	Raw (Km/Jam)	Raw dengan <i>Noise</i> (Km/Jam)	<i>Denoise</i> (Km/Jam)
1	2.010	1.957	1.536
2	1.790	1.271	1.536
3	1.790	1.143	1.536
4	1.790	0.841	1.536
5	1.900	-0.139	1.536
	RMSE	1.080	0.494
	SNR	1.944	22.436
	Penurunan RMSE		0.586
	Kenaikan SNR		20.492

Gambar 4.11 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu.



Gambar 4.11 Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* sensor kecepatan angin

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa sinyal setelah melewati filter dapat mendekati bentuk sinyal aslinya ketika sebelum diberikan *noise*

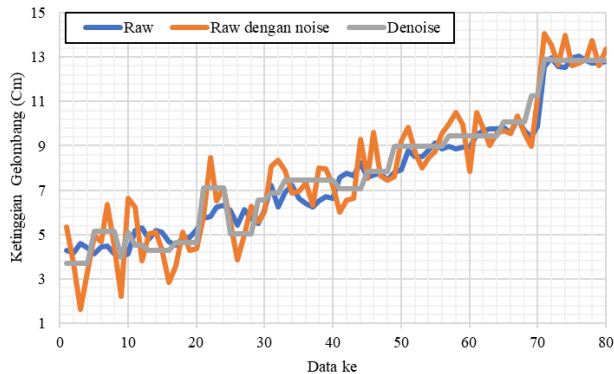
e. Ketinggian Gelombang

Tabel 4.12 menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran D). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, *header* raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *header* denoise mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE.

Hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.364 Cm dan kenaikan SNR sebesar 18.922. Pada Gambar 4.12 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu. Pada Gambar 4.12 dapat terlihat bahwa sinyal setelah melewati filter dapat mendekati bentuk sinyal aslinya ketika sebelum diberikan *noise*.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Sensor Ketinggian Gelombang

No	Raw(Cm)	Raw dengan <i>Noise</i> (Cm)	<i>Denoise</i> (Cm)
1	4.280	5.355	3.686
2	4.170	3.697	3.686
3	4.600	1.639	3.686
4	4.390	3.292	3.686
5	4.140	4.945	5.152
	RMSE	1.053	0.689
	SNR	2.486	21.408
	Penurunan RMSE		0.364
	Kenaikan SNR		18.922



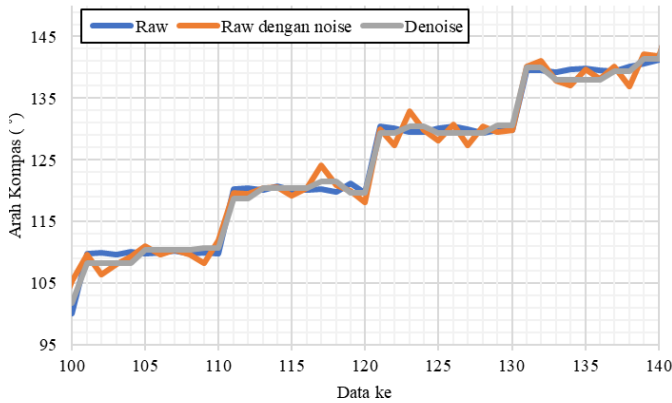
Gambar 4.12 Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* Sensor Ketinggian Gelombang

f. Kompas

Tabel 4.13 menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran D). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.763 ° dan kenaikan SNR sebesar 39.727.

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian *Wavelet* Sensor Kompas

No	Raw(°)	Raw dengan Noise(°)	Denoise(°)
1	10.130	8.481	9.687
2	10.390	10.088	9.687
3	10.520	9.681	9.687
4	10.010	9.807	9.687
5	10.020	10.677	10.192
	RMSE	1.843	1.080
	SNR	6.153	45.880
	Penurunan RMSE		0.763
	Kenaikan SNR		39.727



Gambar 4.13 Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* Sensor kompas

Gambar 4.13 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oranye dan abu-abu, pada Gambar 4.13 dapat terlihat bahwa sinyal setelah melewati filter dapat mendekati bentuk sinyal aslinya ketika sebelum diberikan *noise*.

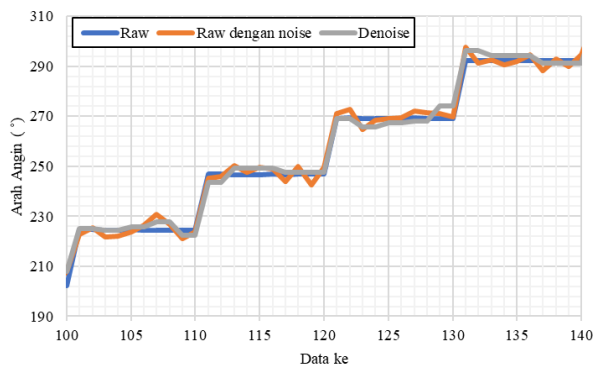
g. Arah Angin

Tabel 4.14 menyajikan cuplikan data pengujian sebelum dan setelah diberikan *filter* (data selengkapnya lihat dilampiran E). Tabel dengan *header* Raw mewakili nilai sinyal sebelum di beri *noise*, raw dengan *noise* mewakili sinyal setelah di beri *noise*, dan *denoise* mewakili sinyal setelah diberi *filter*. Selanjutnya data diolah untuk mencari nilai SNR dan RMSE. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai RMSE sebesar 0.256 ° dan kenaikan SNR sebesar 31.676.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian *Wavelet* Sensor Arah Angin

No	Raw(°)	Raw dengan <i>Noise</i> (°)	<i>Denoise</i> (°)
1	0.350	2.377	4.413
2	0.350	3.344	4.413
3	0.350	-0.770	2.404
4	0.700	-1.130	2.404
5	0.350	0.529	2.060
	RMSE	2.963	2.707
	SNR	5.625	37.301
	Penurunan RMSE		0.256
	Kenaikan SNR		31.676

Gambar 4.14 menggambarkan sinyal raw yang merupakan sinyal sebelum diberikan *noise*, sinyal raw dengan *noise* yang merupakan sinyal setelah diberikan *noise* dan sinyal *denoise* yang merupakan sinyal setelah melewati proses filter yang masing-masing diwakili oleh warna biru, oren dan abu-abu. Pada Gambar 4.14 dapat terlihat bahwa sinyal setelah melewati filter dapat mendekati bentuk sinyal aslinya ketika sebelum diberikan *noise*.

**Gambar 4.14** Sinyal uji raw, raw dengan *noise* dan *denoise* sensor arah angin

4.1.3 Data Uji Dinamis Pada *Buoyweather station type II*

Pengujian *buoyweather station type II* dilakukan selama 1 hari yang diambil pada tanggal 1 Juli 2018 pukul 10.00-14.00 WIB dengan pengambilan data dinamis selama 1 hari dengan interval waktu pengambilan setiap 10 detik sekali dimana semua sistem *Buoyweather* terintegrasi satu sama lain. Tabel 4.15 merupakan data uji yang sudah diolah. Berdasarkan uji dinamis didapatkan pula bahwa keandalan sistem pada *buoyweather station type II* masih mengalami beberapa kendala seperti adanya masalah pada wiring dan penempatan sensor-sensor yang masih belum sesuai dengan standar.

Pengujian dinamis ke 2 mengalami beberapa kendala dimana *buoy* terbalik sehingga seluruh komponen terendam air, hal ini disebabkan karena saat ketinggian gelombang yang tinggi *buoy* ditarik secara tiba-tiba oleh perahu pengangkut. Sensor yang terpasang pada *buoy* di lepaskan dan dibersihkan lalu kemudian dilakukan pengujian ulang pada masing-masing sensor untuk melihat apakah sensor masih berjalan atau tidak. Berdasarkan hasil pengujian ulang didapatkan bahwa seluruh sensor masih berjalan dengan baik namun terjadi kerusakan pada *datashield* Kondisi sensor yang masih bisa berjalan diakibatkan karena terjadi *short circuit* pada *board* yang diakibatkan rusaknya *datashield* sehingga saat semua sensor terendam air seluruh sensor dalam keadaan mati.

Tabel 4. 15 Hasil olah data sensor uji dinamis

	Variabel	Rata-rata
1	Suhu (°C)	30.7
2	Kelembaban (%Rh)	58
3	Tekanan (Kpa)	100.8
4	Kecepatan (Knot)	13.16
5	Ketinggian (Cm)	0.382 m
6	Kompas (°)	203.72
7	Arahangin	timur laut

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator

Setelah dilakukan Analisa data pada sub bab sebelumnya, diambil beberapa data yang menjadi perbandingan antara pembacaan sensor dengan standar yaitu nilai % eror dari setiap variabel. Nilai toleransi pengukuran tidak boleh lebih dari 5% dari nilai alat ukur standar (IECEE, 2016), (Morris, 2011). Data Hasil uji sensor dan kalibrasi ditampilkan pada tabel 4.16.

Nilai Error tidak boleh melebihi nilai toleransi eror yang telah ditentukan. Tabel 4.16 menunjukkan bahwa ke 7 variabel pengukuran memiliki nilai eror lebih kecil dari toleransi eror, setiap variabel memiliki parameter yang berbeda, untuk variabel suhu, kecepatan angin dan ketinggian gelombang menggunakan nilai % eror sedangkan untuk variabel kelembaban, tekanan udara, kompas dan arah angin menggunakan nilai eror. Berdasarkan data pada tabel 4.16 kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data masih berada didalam nilai standar dan telah sesuai dengan standar yang ditentukan.

Tabel 4.16 Hasil uji sensor dan kalibrator

No	Variabel	Error		
		Sistem	Standar)*	Selisih
1	Suhu (°C)	0.70%	2%	1.30%
	Kelembaban	0.39%Rh	6% Rh	5.61%Rh
2	(%Rh)			
3	Tekanan (Kpa)	0.04 Kpa	10 Kpa	9.96 Kpa
4	Kecepatan (Knot)	2.25%	5%	2.75%
5	Ketinggian (Cm)	4.08%	5%	0.92%
6	Kompas (°)	0.80 °	1 °	0.2 °
7	Arah angin (°)	0.96 °	1 °	0.08°

)* diambil dari standar IECEE (IECEE, 2016)

4.2.2 Hasil Uji Sensor dan Kalibrator dibandingkan dengan penelitian sebelumnya

Setelah dilakukan Analisa data pada sub bab sebelumnya, diambil beberapa data yang menjadi perbandingan antara pembacaan sensor dengan penelitian sebelumnya mengenai sistem akuisisi data pada *buoy-weather station type II* (Aji, 2013), (Redhianto, 2016) dan penelitian rancang bangun sensor ketinggian gelombang (Turjatiningsih, 2017) dengan menggunakan data nilai error rata-rata pada setiap variabel. Data hasil pengujian dan data penelitian sebelumnya ditampilkan pada tabel 4.17. Pada tabel 4.17 menunjukkan hasil rekonstruksi sistem akuisisi data pada setiap variabel dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan penurunan error rata-rata pada variabel suhu sebesar 3.307°C , kelembaban sebesar $0.077\%\text{Rh}$, tekanan udara sebesar 0.4986 , tekanan udara sebesar 0.4986 Kpa, kecepatan angin 0.029 km/jam, dan arah angin sebesar 0.272° .

Tabel 4. 17 Perbandingan error rata-rata dengan penelitian sebelumnya

No	Variabel	Error rata-rata		
		Penelitian sebelumnya	Sistem	Selisih
1	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	3.314^{*1}	0.007	3.307
2	Kelembaban (%Rh)	0.159^{*1}	0.081	0.077
3	Tekanan (Kpa)	0.499^{*1}	0.0004	0.4986
4	Kecepatan (Km/jam)	0.039^{*1}	0.010	0.029
5	Ketinggian (Cm)	$3.289\%^{*2}$	4.08%	-0.791
6	Kompas ($^{\circ}$)	0.525^{*3}	0.40	0.125
7	Arah angin ($^{\circ}$)	0.550^{*1}	0.278	0.272

diambil dari sumber ^{*1} (Redhianto, 2016) ^{*2} (Turjatiningsih, 2017) ^{*3} (Aji, 2013)

Sensor ketinggian gelombang menggunakan nilai %eror dengan kenaikan %eror sebesar 0.791 dan untuk variabel kompas menggunakan nilai standar deviasi dengan penurunan sebesar 0.272. Penurunan kinerja pada sensor ketinggian gelombang dikarenakan sensor yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan pelampung tambahan sedangkan untuk penelitian ini sensor terletak pada *body buoyweather*. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa penambahan pelampung tambahan mampu meningkatkan akurasi ketinggian gelombang. Hasil dari rekonstruksi data mampu meningkatkan 6 variabel cuaca dan menurunkan 1 variabel cuaca hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan sensor yang digunakan, kalibrator yang digunakan, metode kalibrasi dan jumlah data yang diambil.

4.2.3 Hasil Uji Sensor sebelum dan setelah diberikan filter *wavelet transform*

Setelah dilakukan Analisa data pada sub bab sebelumnya mengenai *filter* menggunakan *wavelet transform*, diambil beberapa data yang menjadi perbandingan antara pembacaan sensor sebelum dan sesudah diberikan *filter* menggunakan *wavelet transform* data-data tersebut meliputi nilai RMSE, SNR, perubahan RMSE dan perubahan SNR.

Tabel 4.18 Menunjukkan nilai RMSE hasil pengujian seluruh sensor pada sistem *buoyweather station type II* sebelum dan setelah diberi *filter* menggunakan *wavelet transform*. Berdasarkan Tabel 4.18 sinyal setelah diberi filter pada semua variabel memiliki nilai RMSE yang lebih kecil dibandingkan dengan sebelum di beri filter, hal ini menunjukkan bahwa filter mampu mereduksi eror pembacaan dengan baik untuk pada semua variabel. Hal ini sesuai dengan dasar teori bahwa *wavelet transform* mampu mereduksi *noise* pada sinyal. (Bobby, 2011), (Chancal Shrivastha, 2013), (Mallat, 2009), (Baleanu, 2012).

Tabel 4.18 RMSE Sebelum dan Setelah *Filter* menggunakan *Wavelet Transform*

No	Variabel	RMSE		
		Sinyal <i>noise</i>	Sinyal <i>denoise</i>	Perubahan
1	Suhu (°C)	0.98	0.38	0.60
2	Kelembaban (%Rh)	3.19	1.07	2.12
3	Tekanan (Kpa)	1.06	0.17	0.89
4	Kecepatan (Km/jam)	1.08	0.49	0.59
5	Ketinggian (Cm)	1.05	0.69	0.36
6	Kompas (°)	1.84	1.08	0.76
7	arahangin (°)	2.96	2.71	0.26

Tabel 4.19 menunjukkan nilai SNR hasil pengujian seluruh sensor pada sistem *buoyweather station type II* sebelum dan setelah diberi *filter* menggunakan *wavelet transform*. SNR (Signal to *noise* ratio) merupakan parameter sinyal yang mewakili perbandingan sinyal yang diinginkan terhadap *noise*, dimana semakin besar nilai SNR semakin baik. Berdasarkan Tabel 4.19 sinyal setelah diberi filter pada semua variabel memiliki nilai SNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum diberi filter.

Hasil ini sesuai dengan teori dan beberapa sumber bahwa *filter* menggunakan *wavelet transform* dapat menurunkan nilai RMSE dan menaikkan nilai SNR dari sinyal yang diberi gangguan oleh *white noise*. Hal ini disebabkan karena *filter* sinyal *wavelet transform* mempunyai metode yang unik yaitu dengan metode dekomposisi sinyal melalui *high* dan *low pass filter* lalu melakukan *filter* sinyal yang dianggap sebagai *noise* melalui metode *thresholding* berdasarkan estimasi *noise*, sehingga sifat sinyal yang dianggap penting tidak akan terbangun, lalu sinyal direkonstruksi ulang sehingga sinyal telah terbebas dari *noise*.

Tabel 4.19 SNR Sebelum dan Setelah Filter menggunakan *Wavelet Transform*

No	Variabel	SNR		
		Sinyal <i>noise</i>	Sinyal <i>denoise</i>	Perubahan
1	Suhu (°C)	4.66	37.46	32.80
2	Kelembaban (%Rh)	4.32	36.47	32.15
3	Tekanan (Kpa)	5.97	55.49	49.52
4	Kecepatan (Km/jam)	1.94	22.44	20.49
5	Ketinggian (Cm)	2.49	21.41	18.92
6	Kompas (°)	6.15	45.88	39.73
7	arahangin (°)	5.62	37.30	31.68

Berbeda dengan *filter* sinyal menggunakan metode lain, *filter* menggunakan *wavelet transform* dapat membuat sifat penting dari sinyal sehingga terkadang malah menaikkan nilai dari RMSE (Bobby, 2011), (Chancal Shrivastha, 2013), (Mallat, 2009), (Baleanu, 2012).

4.2.4 Hasil Uji Rekonstruksi sistem akusisi data dengan filter menggunakan *wavelet transform* dibandingkan dengan penelitian sebelumnya

Perbandingan kinerja dengan penelitian sebelumnya diperlukan agar bisa mengetahui seberapa besar peningkatan kinerja yang telah dicapai. Tabel 4.20 menunjukkan perbandingan kinerja filter dalam menurunkan RMSE dalam besaran %RMSE. Tabel 4.20 menyajikan perbandingan perubahan nilai penurunan %RMSE menggunakan *wavelet transform* dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan *filter Kalman* sebagai *filter* dalam sistem *buoyweather station type II*, pada penelitian sebelumnya belum dilakukan integrasi sistem untuk variabel ketinggian gelombang laut dan kompas.

Tabel 4. 20 Pebandingan nilai RMSE menggunakan *wavelet transform* dengan penelitian sebelumnya

No	Variabel	Perubahan RMSE dalam %		
		Penelitan sebelumnya ^{*)}	<i>Wavelet Transform</i>	Perubahan
1	Suhu (°C)	21.739	61.211	39.472
2	Kelembaban (%Rh)	53.043	66.321	13.278
3	Tekanan (Kpa)	75.000	84.096	9.096
4	Kecepatan (Km/jam)	-1.479	54.237	55.716
5	Ketinggian (Cm)	-	9.122	-
6	Kompas (°)	-	41.394	-
7	arahangin (°)	0.001	8.637	8.635

^{*)} diambil dari sumber (Redhianto, 2016) (Aji, 2013)
(Turjatiningsih, 2017)

Tabel 4.20 menunjukan bahwa *wavelet transform* mampu menurunkan RMSE lebih baik pada setiap variabel dibandingkan dengan *filter* pada penelitian sebelumnya. Secara keseluruhan *wavelet transform* mampu memberikan performa lebih baik dengan penurunan nilai % RMSE yang lebih besar pada setiap variabel, hal ini sesuai dengan sumber literatur yang menyatakan bahwa filter menggunakan *wavelet transform* memiliki kinerja lebih baik dalam menangani *noise* dibandingkan dengan filter kalman (K Raghavendra Rao, 2014), (Redhianto, 2016). Berdasarkan tabel 4.20 *wavelet transform* memiliki kinerja lebih baik dalam mereduksi *noise* dibandingkan penelitian sebelumnya dengan rata-rata nilai penurunan %RMSE untuk semua variabel sebesar 25.245 %.

4.2.5 Hasil Uji Dinamis Sistem terhadap kondisi Cuaca Sesungguhnya

Setelah dilakukan Analisa data pada sub bab sebelumnya mengenai hasil uji dinamis sistem, untuk mengetahui apakah Sistem *buoyweather station type II* dapat mewakili kondisi cuaca sesungguhnya, maka diambil beberapa data yang menjadi perbandingan data yang bersumber dari BMKG dengan data sistem. Pada tabel 4.21 terdapat nilai setiap variabel cuaca untuk setiap variabel baik yang bersumber dari sistem ataupun dari BMKG, kecuali untuk variabel kompas. Berdasarkan pada tabel 4.21 Variabel suhu memiliki perbedaan sebesar 0.8 °C, kelembaban 5% Rh dan Tekanan 0.3 Kpa perbedaan tersebut dapat dikatakan relatif kecil. Data yang berasal dari BMKG merupakan data cuaca laut surabaya dan selat madura sedangkan sistem dinamis diuji disekitar pantai kenjeran. Variabel kecepatan angin dan ketinggian gelombang sistem termasuk kedalam range pengukuran yang bersumber dari BMKG. Sedangkan untuk arah angin mengalami perbedaan 1 arah yang berbeda yaitu sistem mengukur timur laut sedangkan dari BMKG adalah timur.

Tabel 4. 21 Perbedaan Nilai Uji Dinamis

No	Variabel	Sumber	
		Sistem	BMKG
1	Suhu (°C)	30.7	29.1
2	Kelembaban (%Rh)	58	63
3	Tekanan (Kpa)	100.8	101.1
4	Kecepatan (Knot)	13.16	5-20
5	Ketinggian (Cm)	0.382	0.3-1.25
6	Kompas (°)	203.72	-
7	Arahangin	timur laut	Timur

Perbedaan pada ke 6 variabel dapat dikatakan relatif kecil sehingga berdasarkan hal tersebut 6 variabel cuaca yang terdapat pada sistem *buoyweather station type II* dapat mengukur kondisi cuaca sesungguhnya berdasarkan perbandingan dengan nilai cuaca yang bersumber dari BMKG.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data pada semua variabel telah sesuai dengan standar.
- b. Hasil rekonstruksi sistem akuisisi data memiliki kinerja lebih baik pada 6 variabel pengukuran yaitu suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, kompas dan arah angin dan mengalami penurunan kinerja pada 1 variabel yaitu ketinggian gelombang.
- c. Filter menggunakan *wavelet transform* dapat mereduksi *noise* pada sistem pengukuran *buoyweather station type II* dengan penurunan RMSE pada sensor suhu sebesar 0.60 °C, kelembaban sebesar 2.13 %Rh, tekanan udara sebesar 0.89 kPa, kecepatan angin sebesar 0.59 km/jam, ketinggian gelombang sebesar 0.36 cm, kompas sebesar 0.76 °, arah angin sebesar 0.26° dan kenaikan SNR pada sensor suhu sebesar 32.80, kelembaban sebesar 32.15, tekanan udara sebesar 49.52, kecepatan angin sebesar 20.49, ketinggian gelombang sebesar 18.92, kompas sebesar 39.73 , arah angin sebesar 31.68.
- d. Kinerja hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan filter menggunakan *wavelet transform* lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya dengan penurunan nilai %RMSE pada variabel suhu sebesar 39.472%, kelembaban sebesar 13.278%, tekanan udara sebesar 9.906%, kecepatan angin sebesar 55.716% dan arah angin sebesar 8.635% sedangkan untuk variabel ketinggian gelombang dan arah angin tidak terdapat data pada penelitian sebelumnya.
- e. Data cuaca hasil rekonstruksi sistem akuisisi data dengan filter menggunakan *wavelet transform* pada

buoyweather station type II telah mewakili data cuaca yang sesungguhnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

- a. Pemilihan sensor disesuaikan dengan standar NWS-NOAA (lihat pada lampiran K) sehingga siap digunakan dalam skala industri.
- b. Keandalan sistem perlu dilakukan pengujian dari segi getaran dan ketahanan terhadap cuaca.
- c. Penambahan beberapa sensor cuaca untuk meningkatkan kinerja sistem.
- d. Perancangan kabel perlu diperhatikan dengan baik agar tidak terjadi masalah saat uji dinamis.
- e. Pengujian dinamis sistem perlu dipersiapkan lebih matang dari segi keamanan dan proses pengambilan data.
- f. Sensor ketinggian gelombang perlu ditambahkan pelampung tambahan sesuai dengan penelitian sebelumnya mengenai rancang bangun ketinggian gelombang oleh Hikmah Ragil Turjatiningsih.
- g. Penambahan Algoritma filter lain guna meningkatkan kinerja sistem

DAFTAR RUJUKAN

- Aji, A. G. (2013). Perancangan Sistem Akuisisi data Maritime Buoy Weather Station. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Alaa A Jaber, R. B. (2015). Real-Time Wavelet Analysis of Vibration Signal Based on Arduino-Uno and Labview. *International Journal of Material Science and engineering*.
- Analog Device. (2009). Digital Accelerometer ADXL345. U.S.A.
- Arduino TM. (n.d.). Arduino MEGA 2560.
- Armfield. (2017). SubsonicWindtunnel. Latvia.
- Baleanu, D. (2012). *Advance in wavelet Theory and Their Application in Engineering, Physics and Technology*. InTech.
- Bentley, J. P. (2005). *Principle of Measurement system 4th edition*. Pearson.
- Bobby, M. M. (2011). Performance Comparison of Various Filters and Wavelet Transform for image De-noising for different Noises. *International Journal of Computer science and communication*.
- BOSCH. (2009). BMP 085 Digital Sensor. Germany.
- Chancal Shrivastha, S. K. (2013). Performance Comparison of Various Filters and Wavelet Transform for image De-noising. *IOSR-JCE*.
- Christophe Dolabjian, J. M. (2001). Classical Low-Pass Filter and Real-time wavelet-based denoising techniques implemented on DSP: a Comparison Study. *HAL*.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. (2008). *Evaluasi kebijakan dalam rangka implementasi hukum laut internasional (UNCLOS 1982) di Indonesia*. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Edi, Y. (2011). Perancangan sistem akuisisi data pada mini maritime weather station. *Jurnal Teknik POMITS*.

- EKT. (2009). Wind Sensor JL-FS2. China.
- EQUINOX. (2009). Wind Direction Sensor EQ-FST202. India.
- Ergen, B. (2013). Comparison of wavelet Types and thresholding methods on wavelet Based Denoising of heart sound. *Scientific Research*.
- Etten, W. C. (2005). *Introduction to Random signals and noise*. Netherland.
- Honeywell. (2009). 3-Axis Digital Compass IC HMC 5843.
- IECEE. (2016). *IECEE Operational Document*. IECEE TM.
- JakartaNotebook. (2018). Mini Digital 8 in 1. Jakarta, Indonesia.
- K Raghavendra Rao, S. M. (2014). Comparing performance of kalam filtering and DWT based Speech Enhancement Techniques. *Internasional Journal of Advanced Trend in Computer Science and Engineering*.
- Krisbow. (2017). Environmental Meter 4 in 1. Jakarta, Indonesia.
- Lutron Electronic. (2015). Digital Thermometer TM 902 C. Taiwan.
- Mallat, S. (2009). *A Wavelet tour of signal processing : The Sparse Way*. AcidFreepaper.
- Measurement Computing. (2012). *Data Acquisition Handbook*. Measurement Computing corporation.
- Measurement specialist TM. (2012, April). HTU21 Sensor- Miniature Relative Humidity and Temperature sensor.
- Mehmet ustuntag, a. s. (2013). Performance Comparison of wavelet thresholding technuiques of weak ECG signal denoising . *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*.
- Morris, A. (2011). *Measurement and Instrumentation Principles*. Butterworth Heinemann.

- NOAA. (2003). national weather service instruction 10-1302.
- Olkonen, J. (2011). *Discrete Wavelet Transform- Theory and application*. InTech.
- Orfanidis, S. J. (2010). *Introduction of Signal Processing*. Pearson Education, Inc.
- Pitartyanti, M. (2014). Rancang Bangun sistem akuisisi data prototype Buoy weather Type II Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Redhianto, E. (2016). Integrasi Sistem Akuisisi Data pada buoyweather station type II. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Sampurna, R. J. (2009). Perancangan Prediktor Cuaca Maritim dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy inference system (ANFIS) untuk meningkatkan jangkauan ramalan. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Scout Compass. (n.d.). Kompas Prisma.
- Sumithra M G, T. K. (2009). Performance evaluation of Different Thresholding method in time adaptive Wavelet based Speech Enhancment. *IACSIT*.
- Tri, K. (2012). Rancang Bangun Maritime buoyweather untuk mendukung sistem informasi cuaca maritim di pelabuhan tanjung perak surabaya. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Turjatiningsih, H. R. (2017). Rancang Bangun Sistem Ketinggian Gelombang menggunakan Sensor imu9 dof. *pomits*.
- Uyulan, C. (2016). Comparison of wavelet Families for mental task classification. *uskudar university*.
- Wardana, I. N. (2015). *Teknik antarmuka MATLAB dan Arduino*. Miarana DIY.

Halaman ini sengaja di kosongkan

LAMPIRAN

Lampiran A

Data Pengukuran dan Kalibrasi Sensor suhu, kelembaban udara, tekanan udara dan kecepatan angin

No	Suhu		kelembaban		Tekanan		Kecepatan angin	
	Sensor	Kalibrator	Sensor	Kalibrator	Sensor	Kalibrator	Sensor	Kalibrator
1	26.7	26.5	46.05	46.1	100.132	100.12	2.01	2
2	26.7	26.5	46.08	46.1	100.134	100.12	1.79	2
3	26.6	26.4	46.00	46.1	100.135	100.12	1.79	2
4	26.6	26.4	45.92	45.9	100.139	100.12	1.79	2
5	26.6	26.4	45.89	45.9	100.132	100.12	1.9	2
6	26.6	26.4	46.17	46.2	100.131	100.12	1.9	2
7	26.6	26.4	46.24	46.3	100.142	100.12	2.11	2
8	26.6	26.4	46.41	46.2	100.125	100.12	1.79	2
9	26.6	26.4	46.46	46.1	100.132	100.12	1.9	2
10	26.6	26.3	45.36	45.9	100.127	100.12	1.9	2
11	26.6	26.3	45.33	45.7	100.133	100.12	2.01	2
12	26.6	26.3	45.34	45.6	100.131	100.12	2.01	2
13	26.5	26.3	45.40	45.5	100.136	100.12	2.11	2
14	26.5	26.3	45.46	45.5	100.13	100.12	2.21	2

(Data lebih lengkap silahkan menghubungi penulis)

Lampiran B

Data Pengukuran dan Kalibrasi Ketinggian Gelombang, Kompas dan Arah angin

No	ketinggian		kompas		Arah	
	Sensor	Kalibrator	Sensor	Kalibrator	Sensor	Kalibrator
1	4.28	4	10.13	10	0.35	0
2	4.17	4	10.39	10	0.35	0
3	4.60	4	10.52	10	0.35	0
4	4.39	4	10.01	10	0.7	0
5	4.14	4	10.02	10	0.35	0
6	4.46	4	10.23	10	0.35	0
7	4.47	4	10.07	10	0.7	0
8	4.15	4	9.4	10	0.35	0
9	4.03	4	10.07	10	0.35	0
10	4.12	4	10.02	10	0.7	0
11	5.17	5	20.41	20	22.52	22.5
12	5.30	5	19.61	20	22.52	22.5
13	4.79	5	20.14	20	22.52	22.5
14	5.17	5	19.67	20	22.52	22.5
15	5.11	5	19.43	20	22.52	22.5
16	4.67	5	19.92	20	22.52	22.5
17	4.54	5	20.39	20	22.52	22.5
18	4.85	5	19.92	20	22	22.5

Lampiran c

Data Sinyal sebelum diberi *noise*, setelah diberi *noise* dan setelah difilter untuk variabel suhu, Kelembaban udara dan tekanan udara.

No	Suhu			Kelembaban			Tekanan		
	Raw	Noise	Denoise	Raw	Noise	Denoise	Raw	Noise	Denoise
1	26.700	25.147	26.624	46.050	45.204	46.739	100.130	98.515	100.188
2	26.700	25.139	26.624	46.080	46.670	46.739	100.130	100.662	100.188
3	26.600	27.472	26.624	46.000	49.007	46.739	100.140	100.465	100.188
4	26.600	26.454	26.624	45.920	43.420	46.739	100.140	99.145	100.188
5	26.600	26.212	26.624	45.890	44.342	46.739	100.130	101.441	100.188
6	26.600	27.924	26.624	46.170	55.576	46.739	100.130	100.165	100.188
7	26.600	25.799	26.624	46.240	44.271	46.739	100.140	100.271	100.188
8	26.600	26.736	26.624	46.410	52.483	46.739	100.130	100.420	100.188
9	26.600	27.020	26.624	46.460	49.499	46.739	100.130	100.929	100.188
10	26.600	27.425	26.624	45.360	43.596	46.739	100.130	101.745	100.188
11	26.600	25.741	26.624	45.330	44.993	46.739	100.130	99.853	100.188
12	26.600	26.959	26.624	45.340	44.660	46.739	100.130	98.297	100.188
13	26.500	29.264	26.822	45.400	46.897	46.739	100.140	101.214	100.188
14	26.500	24.978	26.426	45.460	49.779	46.739	100.130	99.147	100.188
15	26.500	26.936	26.624	45.460	40.281	46.739	100.130	101.447	100.188
16	26.500	26.269	26.624	45.510	51.910	46.739	100.130	99.506	100.188
17	26.500	25.668	26.624	45.530	47.990	46.739	100.130	101.710	100.188

Lampiran d

Data Sinyal sebelum diberi *noise*, setelah diberi *noise* dan setelah difilter untuk variabel Kecepatan angin, ketinggian gelombang dan kompas

No	Kecepatan			Ketinggian			Kompas		
	Raw	<i>Noise</i>	<i>Denoise</i>	Raw	<i>Noise</i>	<i>Denoise</i>	Raw	<i>Noise</i>	<i>Denoise</i>
1	2.010	1.957	1.536	4.280	5.355	3.686	10.130	8.481	9.687
2	1.790	1.271	1.536	4.170	3.697	3.686	10.390	10.088	9.687
3	1.790	1.143	1.536	4.600	1.639	3.686	10.520	9.681	9.687
4	1.790	0.841	1.536	4.390	3.292	3.686	10.010	9.807	9.687
5	1.900	-0.139	1.536	4.140	4.945	5.152	10.020	10.677	10.192
6	1.900	1.315	1.536	4.460	4.670	5.152	10.230	9.130	10.192
7	2.110	2.291	1.536	4.470	6.362	5.152	10.070	11.493	10.192
8	1.790	0.599	1.536	4.150	4.501	5.152	9.400	10.159	10.192
9	1.900	2.405	1.536	4.030	2.216	3.981	10.070	9.230	10.794
10	1.900	1.594	1.536	4.120	6.631	5.101	10.020	10.511	10.794
11	2.010	1.896	1.536	5.170	6.255	4.541	20.410	22.160	21.190
12	2.010	0.407	1.536	5.300	3.823	4.541	19.610	21.376	21.190
13	2.110	1.252	1.536	4.790	5.014	4.297	20.140	21.328	19.709
14	2.210	2.670	1.536	5.170	5.125	4.297	19.670	19.554	19.709
15	2.010	1.124	1.536	5.110	4.343	4.297	19.430	18.327	19.709
16	1.900	2.081	1.536	4.670	2.835	4.297	19.920	20.319	19.709

Lampiran e

Data Sinyal sebelum diberi *noise*, setelah diberi *noise* dan setelah difilter untuk variabel Arah angin

No	Arah angin		
	Raw	<i>Noise</i>	<i>Denoise</i>
1	0.350	2.377	4.413
2	0.350	3.344	4.413
3	0.350	-0.770	2.404
4	0.700	-1.130	2.404
5	0.350	0.529	2.060
6	0.350	-2.475	2.060
7	0.700	4.248	4.757
8	0.350	2.803	4.757
9	0.350	3.394	4.797
10	0.700	4.687	4.797
11	22.520	22.179	20.391
12	22.520	20.695	20.391
13	22.520	24.182	24.239
14	22.520	26.163	24.239
15	22.520	25.234	24.239
16	22.520	25.510	24.239
17	22.520	27.283	26.008

Lampiran f
Data Sinyal sebelum dan setelah difilter untuk variabel
Suhu, Kelembaban udara, tekanan udara dan kecepatan angin.

No	suhu		kelembaban		tekanan		Kecepatan	
	Raw	filter	Raw	filter	Raw	filter	Raw	filter
1	31.230	31.197	52.920	52.878	100.880	100.880	0.110	0.509
2	31.140	31.197	53.180	52.878	100.860	100.860	0.110	0.509
3	30.990	31.037	52.950	52.250	100.870	100.870	0.110	0.359
4	32.650	32.577	49.770	50.545	100.870	100.870	7.750	7.089
5	32.750	32.782	49.580	49.210	100.870	100.870	10.320	10.559
6	32.800	32.782	49.030	49.210	100.870	100.870	11.860	11.189
7	32.760	32.802	48.620	48.905	100.860	100.860	12.200	11.899
8	32.940	32.862	48.960	48.905	100.870	100.870	9.240	9.849
9	33.080	33.007	48.960	48.813	100.870	100.870	9.580	9.839
10	32.970	33.007	48.740	48.813	100.870	100.870	11.290	10.639
11	32.990	32.942	48.510	48.683	100.870	100.870	8.440	9.154
12	32.880	32.942	48.510	48.683	100.870	100.870	11.520	11.324
13	32.850	32.777	48.840	49.020	100.860	100.860	12.770	12.656
14	32.660	32.707	49.010	49.020	100.880	100.880	13.340	12.656
15	32.650	32.627	49.320	49.290	100.870	100.870	12.310	12.316
16	32.580	32.627	49.490	49.290	100.870	100.870	11.910	12.316
17	32.500	32.493	49.650	50.063	100.860	100.860	12.140	12.134

Lampiran g
Data Sinyal sebelum dan setelah difilter untuk variabel
Ketinggian Gelombang, Kompas dan arah angin

No	Ketinggian		Kompas		arah angin		
	Raw	filter	Raw	filter	Raw	Filter	
1	-0.080	-0.076	205.840	211.620	293.000	288.188	Barat
2	0.130	-0.076	205.790	211.620	305.000	288.188	Barat
3	0.120	-0.076	198.250	201.510	312.000	302.688	Barat laut
4	-0.200	-0.076	227.750	224.180	26.000	35.687	Timur laut
5	0.020	-0.093	234.930	237.748	19.000	33.187	Timur laut
6	-0.270	-0.093	241.460	237.748	36.000	33.187	Timur laut
7	-0.320	-0.093	240.250	237.748	37.000	41.187	Timur laut
8	-0.320	-0.093	234.400	237.748	65.000	50.187	Timur laut
9	0.200	-0.085	220.570	223.934	349.000	332.063	Barat laut
10	-0.190	-0.085	219.650	223.934	34.000	36.062	Timur laut
11	0.100	-0.085	236.490	231.604	86.000	80.062	Timur
12	-0.050	-0.085	230.990	231.604	24.000	37.062	Timur laut
13	-0.300	-0.110	244.440	238.927	55.000	56.562	Timur laut
14	-0.200	-0.110	242.060	238.927	57.000	56.562	Timur laut
15	0.300	-0.060	239.410	238.927	60.000	57.062	Timur laut

(Data lebih lengkap silahkan menghubungi penulis)

Lampiran h

Script Arduino

```
/*STKPKoA=Suhu-kelembaban-kecepatan    angin-
ketinggian gelombang -kompas-arahangin
*/
#include <Wire.h> //i2c library
#include <Tekanan.h> //tekanan library
#include <SuhuKelembaban.h> // library suhu dan
kelembaban
HTU21D myHumidity; // deklarasi sensor
//Suhu Dan KElembaban
/*
VCC = 3.3V
GND = GND
SDA = A4
SCL = A5
*/
Tekanan bmp;
//Tekanan
/*VCC = 3.3V
GND = GND
SDA = A4
SCL = A5
*/

// Sensor Kecepatan Angin
/*
Kuning - PIN analog
Merah - Vin- harus diatas 9V klo cuma 5V tegangan
yang dihasilkan
cuma setengahnya
Hitam - GND
Kecepatan - 0-30 m/s */
int SK; //Nilai Masukan Sensor Kecepatan Angin
```

```
float TK; //Tegangan Kecepatan Angin
double Kecepatan_Angin; //deklarasi variabel
kecepatan angin
```

```
//Sensor Arah Angin
/*
Kuning - PIN analog
Merah - Vin
Hitam - GND
*/
int SAA; //Nilai Masukan Sensor Arah Angin
int Sudut; // Sudut angin
int SudutbAAi; // pembagi Nilai dan sudut
int Arah_Angin;
float TAA; //Tegangan Sensor Arah Angin
#define Offset 0;

//Sensor IMU accelero dan magneto
/*VCC = 3.3V
GND = GND
SDA = A4
SCL = A5 */
#define ADXL345_ADDRESS (0xA6 >> 1) //
terdapat 6 data register
#define ADXL345_REGISTER_XLSB (0x32) //
deklarasi alamat secara terpisah
#define ADXL_REGISTER_PWRCTL (0x2D) //
control power
#define ADXL_PWRCTL_MEASURE (1 << 3)

#define HMC5843_ADDRESS (0x3C >> 1) //alamat
dari sensor
#define HMC5843_REGISTER_XMSB (0x03)
//perhitungan secara kontinyu
```

```

#define      HMC5843_REGISTER_MEASMODE
(0x02)
#define HMC5843_MEASMODE_CONT (0x00)

int accelerometer_data[3]; // ada 3 data, x,y,z
double Ax ;
double Ay ;
double Az ;
double aa ;
double ab ;
double ac ;
double d ;
double V0;
double X0;
double Ac1;
double Ac2;
double X1;
int magnetometer_data[3]; // ada 3 data , x,y,z
char c;
//Data logger
/*10-53
*11-51
*12-50
*13-52
*/
#include <SPI.h> // library untuk menyambungkan
mikro kontroller dengan mikro pada sd logger
#include <SD.h> //library sd card
const int chipSelect = 4; //penentuan chip,
berdasarkan pada jenis arduino
File dataFile; //deklarasi data
//timestamp
#include "RTCLib.h" // library realtime cloock
RTC_Millis rtc; // definisi waktu

```

```

void setup() //perintah yang hanya berjalan 1 kali
{
  Serial.begin(9600);
  //Serial.println("Cek_SDcard");
  pinMode(SS, OUTPUT);
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("SD gk kebaca");
    while (1) ;
  }
  Serial.println("Lancar");
  rtc.begin(DateTime(__DATE__, __TIME__)); //
start the RTC; // memulai menyalakan semua sensor
  myHumidity.begin();
  bmp.begin();
  for(int i = 0; i < 3; ++i)
  { accelerometer_data[i] = magnetometer_data[i]=
0; }

  init_adxl345();
  init_hmc5843();
  pinMode(SS, OUTPUT); // fungsi penentuan chip
  SD.begin(chipSelect); //memulai sd card
  read_adxl345();
  Ax = accelerometer_data[0];
  Ay = accelerometer_data[1];
  Az = accelerometer_data[2];
  aa = Ax*9.81/256 ;
  ab = Ay*9.81/256 ;
  (Source code lebih lengkap silahkan menghubungi
penulis)

```

Lampiran i **Script Matlab**

```

%filter semua sensor
clc

```

```

%memasukan sinyal
disp('Mulai')
disp('Loadsinyal')
load Rsuhu ;load Rkelem;load Rtek;load
Rkec;load Rket;load Rkom;load Rarah

%deklarasi variabel
Rlsuhu=Rsuhu ; R2kelem=Rkelem
;R3tek=Rtek ;R4kec=Rkec; R5ket=Rket;
R6kom=Rkom; R7arah=Rarah;

%panjang sinyal
nsuhu=300;
nkel=360;
ntek=240;
nkec=180;
nket=80;
nkom=360;
narah=160;

%noise
zsuhu = wgn (nsuhu,1,0.05);
zkel = wgn (nkel,1,10);
ztek = wgn (ntek,1,0.50);
zkec = wgn (nkec,1,1);
zket = wgn (nket,1,0.00001);
zkom = wgn (nkom,1,5);
zarah = wgn (narah,1,10);

%sinyal+noise
RN1=Rlsuhu+zsuhu ;
RN2=R2kelem+zkel ;
RN3=R3tek+ztek ;
RN4=R4kec+zkec ;
RN5=R5ket+zket;
RN6=R6kom+zkom;
RN7=R7arah+zarah;

```

```

%koreksi sinyal
deb1 = RN1(1);
deb2 = RN2(1);
deb3 = RN3(1);
deb4 = RN4(1);
deb5 = RN5(1);
deb6 = RN6(1);
deb7 = RN7(1);
disp('ProsesDenoising')
% proses denoising
% sinyaldenoise = wden(sinyal,metode
Thresholding,soft/hard thresholding,'jenis
noise',tingkat,Motherwavelet)+deb;
D1 = wden(RN1-
deb1,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb1; %
Daubachies
D2 = wden(RN2-
deb2,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb2; %
Daubachies
D3 = wden(RN3-
deb3,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb3; %
Daubachies
D4 = wden(RN4-
deb4,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb4; %
Daubachies
D5 = wden(RN5-
deb5,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb5; %
Daubachies
D6 = wden(RN6-
deb6,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb6; %
Daubachies
D7 = wden(RN7-
deb7,'heursure','s','sln',5,'db1')+deb7; %
Daubachies
disp('selesaiDenoising')
%datasinyalsebelummdansesudahfilter
Sinyalsuhutab = tabel(R1suhu,RN1,D1) ;
Sinyalkeltab = tabel(R2kelem,RN2,D2) ;
Sinyaltektab = tabel(R3tek,RN3,D3) ;

```

```

        Sinyalkectab = tabel(R4kec,RN4,D4) ;
        Sinyalkettab = tabel(R5ket,RN5,D5) ;
        Sinyalkomtab = tabel(R6kom,RN6,D6) ;
        Sinyalarahtab = tabel(R7arah,RN7,D7) ;
        Sinyalsuhu                                     =
tabel2array(Sinyalsuhutab(:,1:3));
        Sinyalkel                                     =
tabel2array(Sinyalkeltab(:,1:3));
        Sinyaltek                                     =
tabel2array(Sinyaltektab(:,1:3));
        Sinyalkec                                     =
tabel2array(Sinyalkectab(:,1:3));
        Sinyalket                                     =
tabel2array(Sinyalkettab(:,1:3));
        Sinyalkom                                     =
tabel2array(Sinyalkomtab(:,1:3));
        Sinyalarah                                     =
tabel2array(Sinyalarahtab(:,1:3));

```

```

%error
%signalnoise-signalraw
ernsuhu = RN1-R1suhu;
ernkel = RN2-R2kelem;
erntek = RN3-R3tek;
ernkec = RN4-R4kec;
ernket = RN5-R5ket;
ernkom = RN6-R6kom;
ernarah = RN7-R7arah;

%signalnoise-signalraw
erdsuhu = D1-R1suhu;
erdkel = D2-R2kelem;
erdtek = D3-R3tek;
erdkec = D4-R4kec;
erdket = D5-R5ket;
erdkom = D6-R6kom;
erdarah = D7-R7arah;

%standardebiasieror/RMSE

```



```

%sebelumfilter
SDENSuhu=
sqrt((sum(ernsuhu.^2))/(nsuhu-1));
SDENkel=    sqrt((sum(ernkel.^2))/(nkel-
1));
SDENTek=    sqrt((sum(erntek.^2))/(ntek-
1));
SDENkec=    sqrt((sum(ernkec.^2))/(nkec-
1));
SDENket=    sqrt((sum(ernket.^2))/(nket-
1));
SDENkom=    sqrt((sum(ernkom.^2))/(nkom-
1));
SDENarah=
sqrt((sum(ernarah.^2))/(narah-1));
RMSEnoisetab                                =
tabel(SDENSuhu,SDENkel,SDENTek,SDENkec,SDE
Nket,SDENkom,SDENarah) ;
RMSEnoise                                    =
tabel2array(RMSEnoisetab(:,1:7));

%setelahfilter
SDEDSuhu=
sqrt((sum(erdsuhu.^2))/(nsuhu-1));
SDEDEkel=    sqrt((sum(erdkel.^2))/(nkel-
1));
SDEDEtek=    sqrt((sum(erdtek.^2))/(ntek-
1));
SDEDEkec=    sqrt((sum(erdkec.^2))/(nkec-
1));
SDEDEket=    sqrt((sum(erdket.^2))/(nket-
1));
SDEDEkom=    sqrt((sum(erdkom.^2))/(nkom-
1));
SDEDarah=
sqrt((sum(erdarah.^2))/(narah-1));

```

(Source code lebih lengkap silahkan menghubungi penulis)

Lampiran J

Kalibrator yang digunakan



Kalibrator Suhu (Lutron Electronic, 2015)



Kalibrator Kelembaban (Krisbow, 2017)



Kalibrator Arah Angin (Scout Compass)



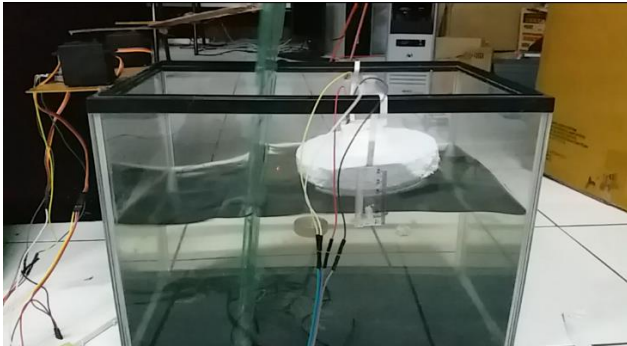
Kalibrator tekanan (JakartaNotebook, 2018)



Alat Pembangkit Angin (Armfield, 2017)



Kalibrator Kecepatan Udara (Lutron Electronic)



Kalibrator Ketinggian Gelombang



Kalibrator Simpangan

Lampiran K

Standar sensor sesuai NWSI 10-1302 OCTOBER 17,2003-NOAA

Climate Program Temperature/Dew point sensor performance standard				
Parameter	Units	Accuracy	Range	Resolution
Temperature	Degrees Fahrenheit	±2.0	-62 to -50	0.1
		±1.0	-50 to +122	0.1
		±2.0	+122 to +134	0.1
Dew Point	Degrees Fahrenheit	±4.0	-34 to -23	0.1
		±3.0	-24 to +30	0.1
		±2.0	+3- to +86	0.1

Standar pada sensor lainnya dapat dilihat lebih jelas pada appendix D dilembar NWSI 10-1302

Wind sensor performance standard				
Parameter	Units	Accuracy	Range	Resolution
Direction	degrees	±5 degrees when speed is ≥ 5 knots	1 to 360 degrees	10 degrees
Speed	Knots	±1 knot up to 10 knots ±10% above 10 knots	2 to 90 knots	1 knots

Sumber : (NOAA, 2003)

Link download file:

<http://www.nws.noaa.gov/directives/010/archive/pd01013002b.pdf>



Penulis dilahirkan di Purwakarta 14 mei 1997. Penulis menempuh Pendidikan formal di SDN 1 Citalang Purwakarta, SMPN 1 Purwakarta, dan SMAN 1 Purwarta, penulis aktif mengikuti beberapa perlombaan seperti O2SN di bidang pencak silat dan badminton, serta OSN pada mata pelajaran Kimia. Tahun 2014 penulis diterima di Jurusan Teknik Fisika, program studi S1 Teknik Fisika. Selama perkuliahan penulis aktif di beberapa Organisasi diantaranya UKM Perisai Diri ITS, UKM PLH SIKLUS ITS dan DPA HMTF ITS. Penulis pernah menjabat sebagai staff DPA HMTF ITS, staff BABM PLH SIKLUS ITS, dan juga ketua umum Perisai Diri ITS. Penulis juga aktif dalam perlombaan dan kegiatan ukm seperti menjuarai POMITS bidang pencak silat, melatih mahasiswa asing pada kegiatan Cultural Camp ITS IO selama tiga tahun berturut-turut, memberikan pelatihan manajemen mahasiswa pada kegiatan ITS dan juga pernah menjadi wakil ITS pada acara SUT Cultural night festival di Thailand. Apabila ada pertanyaan mengenai tugas akhir penulis, dapat menghubungi nomor 089609305814 dan email : miqbalsyachjaya@gmail.com